యాకొవ్ పెరెల్మాన్

నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం

భాగం



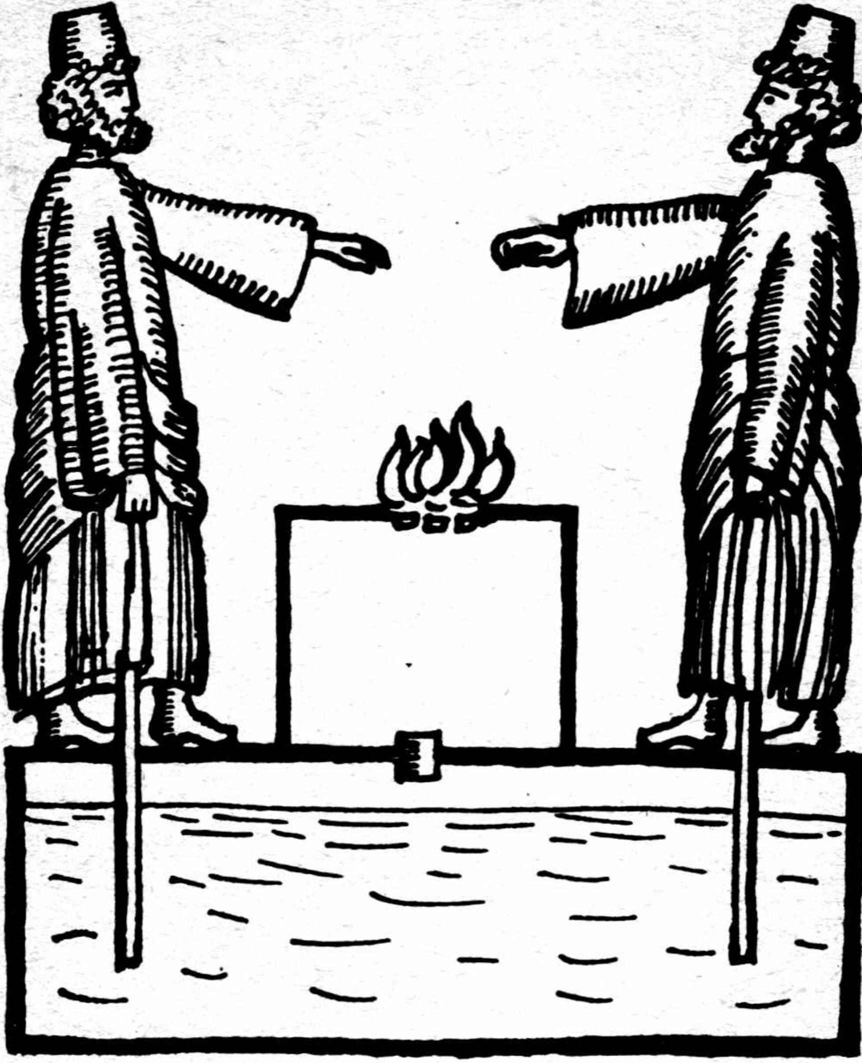
“మీర్”
ప్రచురణాలయం
మాస్కో
సోవియట్ యూనియన్

పాఠకులకు మనవి

ఈ పుస్తకాన్ని గురించిగాని, దీని పేర్పుకూర్పు గురించిగాని మా భావి ప్రచురణల సహాయర్థం మీ అభిప్రాయాలను, సలహాలను మాకు పంపండి.

మా చిరునామా:

Mir Publishers
2, Pervy Rizhsky Pereulok
Moscow, USSR



యాకొవ్ పెరెల్మాన్

నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం

మొదటి భాగం

ఇంగ్లీషునుండి అనువాదం: కొడవటిగంటి కుటుంబరావు

రష్యన్ మాతృకతో సరిచూచినది: చట్టి శ్రీనివాసరావు

మూడవ ముద్రణ

Яков Перельман

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Книга I

На языке телугу

సోవియట్ యూనియన్‌లో ముద్రించబడింది

విషయసూచిక

ప్రకాశకుల పలుకు

శాస్త్రజ్ఞానాన్ని నలుగురికీ అందుబాటుగా చెప్పడంలో సోవియట్ దేశంలో ప్రఖ్యాతి గాంచిన యాకొవ్ పెరెల్మాన్ రచించిన "నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం" అనే పుస్తకంలో విపరీతంగా కనిపించే విషయాలు, మెదడుకు మేతలు, సమస్యలు, ప్రయోగాలు, చిక్కు ప్రశ్నలు, కథలు భౌతికశాస్త్ర సంబంధమైనవి ఎన్నో వున్నాయి. సోవియట్ దేశంలో ఈ పుస్తకం 17 సార్లు ముద్రింపబడింది. నిత్యజీవితంలో సామాన్యమైన, అలవాటైన వాస్తవాలు, ప్రక్రియలు పదార్థ విజ్ఞానశాస్త్ర దృష్ట్యా యెంతో అంతరార్థం కలిగినవాటిని గుర్తించి యేరి చెప్పడంలో రచయితకు గల అసామాన్య ప్రతిభే ఈ పుస్తక విజయానికి కారణం.

పెరెల్మాన్ పుస్తకాన్ని రచిస్తూ దానియొక్క ఉద్దేశాలనీ, ఉపయోగాలనీ చాలా కచ్చితంగా నిర్వచించాడు. చిరకాలంగా అందరికీ తెలిసిన, అంగీకరించబడిన భావాలను, సూత్రాలను గురించి చెబుతూ భౌతికశాస్త్రానికి ప్రాతిపదికలైన మూలసూత్రాల నుదహరించి, పదార్థ విజ్ఞానశాస్త్ర దృష్ట్యా ఆలోచించడాన్ని పాఠకునికి నేర్ప ప్రయత్నిస్తాడు పెరెల్మాన్.

50 పైచిలుకు సంవత్సరాలక్రితం వ్రాయబడిన ఈ పుస్తకంలో రచయితచేత అనేక పర్యాయాలు మార్పులు, చేర్పులు చేయబడ్డాయి. ప్రస్తుత ముద్రణ జరిగే కాలానికి రచయిత లేడు. (పెరెల్మాన్ 1942లో లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో చనిపోయాడు.) ఆ కారణం మూలంగా పుస్తక పాఠ్య భాగంలో యిప్పుడు వాడుకలో లేని కొన్ని అంకెలు, ఉపపాదనలు మాత్రమే మార్చబడ్డాయి. కొన్ని పాత బొమ్మల స్థానే కొత్త బొమ్మలు గీయబడ్డాయి.

సామాన్య జనులకు అందుబాటులో వుండి వినోదాన్ని కలిగించేటట్లు విషయం చెప్పబడిన తీరు ఈ పుస్తకానికి పాఠకుల మధ్య విశేషాదరణ లభించేటట్లు చేసింది.

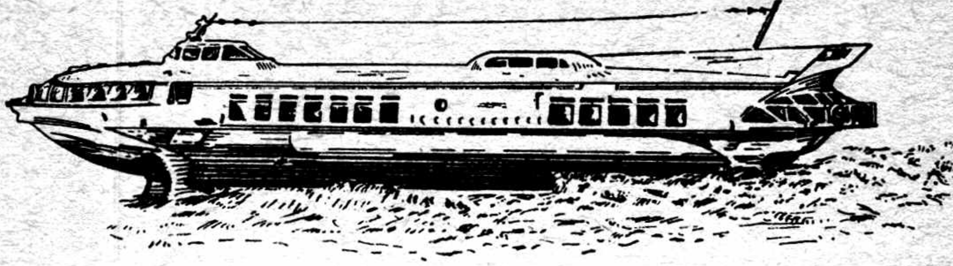
మొదటి అధ్యాయం

వేగము. చలన సంకలనము

మనం ఎంత వేగంతో కదులుతున్నాం?

మంచి వ్యాయామ ప్రవీణుడు ఒకటిన్నర కిలోమీటర్ల దూరం సుమారు మూడు నిమిషాల 50 సెకండ్లలో పరుగెత్తగలడు — 1958 ప్రపంచపు రికార్డు 3 నిమిషాల 36.8 సెకండ్లు. మామూలు మనుషులు సాధారణంగా సెకండుకు ఒకటిన్నర మీటర్ల వేగంతో నడుస్తారు. వ్యాయామ ప్రవీణుడు పరుగెత్తే వేగాన్ని మామూలు నడకతో పోల్చదలిస్తే అది సెకండుకు 7 మీటర్లుంటుంది. అయితే ఈ వేగాలను యిలా పోల్చడం సబబుకాదు. గంటకు 5 కిలోమీటర్ల వేగాన మనం ఎంత సేపయినా నడుస్తూ పోవచ్చు. పరుగెత్తేవాడు తన వేగాన్ని కొంచెం సేపే ప్రదర్శించగలడు. సైనికులు 'క్విక్‌మార్చి' చేసేటప్పుడు వ్యాయామ ప్రవీణుడి వేగంలో మూడో వంతు మాత్రమే ప్రదర్శించి సెకండుకు 2 మీటర్లు లేక గంటకు 7.2 కిలోమీటర్ల దూరం చొప్పున నడుస్తారు. అయితే వారు అలా చాలా దూరం నడువ గలరు.

నత్తలూ, తాబేళ్లూ మందగమనానికి ప్రసిద్ధి చెందినవి. వాటి 'వేగాన్ని' మీ మామూలు నడక వేగంతో పోల్చి చూసుకోవటం మీకు సరదాగా ఉండవచ్చు. నత్తకు గల ఖ్యాతి ఊరికే రాలేదు, అది సెకండుకు ఒకటిన్నర మిల్లీమీటర్లు, లేక గంటకు 5.4 మీటర్లు నడుస్తుంది — మీరు నడిచే వేగంలో సరిగా వెయ్యో వంతు. మందగమనానికి పేరుపడ్డ రెండో జంతువు తాబేలు, ఇంతకంటే అట్టే హెచ్చు వేగం కలది కాదు. అది సాధారణంగా గంటకు 70 మీటర్లు నడుస్తుంది.

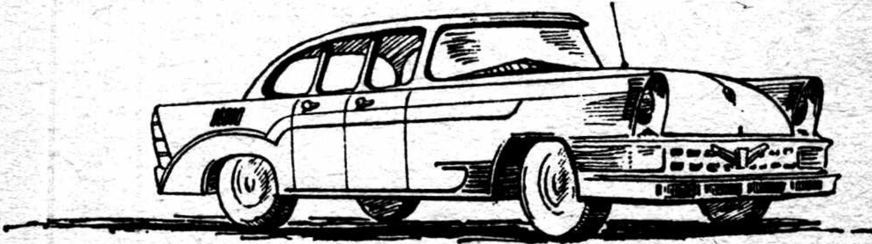


చిత్రం 1. శీఘ్రగామి అయిన హైడ్రోఫాయిల్ ప్రయాణీకుల నౌక.

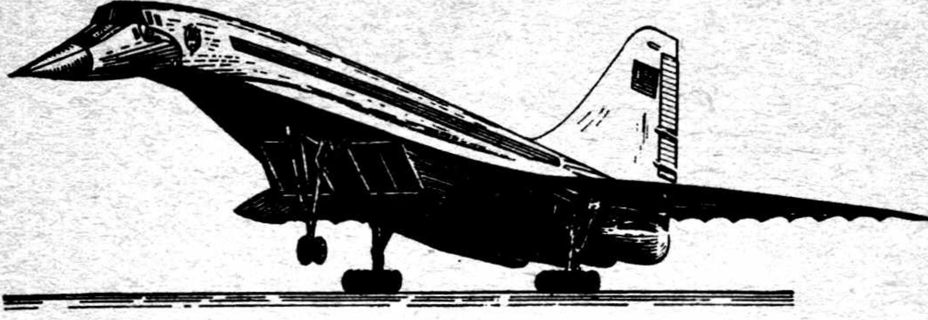
నత్తతోనూ, తాబేలుతోనూ పోల్చితే మీరు చాలా చలాకీ అయితే అవవచ్చు కాని, మీ చుట్టూ కనిపించే కదలికలు — అట్టే హెచ్చు వేగం కలవి కానివి సైతం — మీ వేగాన్ని అధిగమిస్తాయి. మైదానాలలో ప్రవహించే నదులకన్న మీరు వేగంగా కదలవచ్చు. మామూలుగా వీచే గాలి మీకన్నా కొంచెం హెచ్చు వేగం మాత్రమే కలిగి వుంటుంది. కాని సెకండుకు 5 మీటర్ల వేగం కల యాగతో పోటీ చేయాలంటే మీరు కాళ్లకు 'స్కీ'లు ధరించాలి. వేగంగా పరుగెత్తే గుర్రం ఎక్కినా మీరు కుందేలును గాని, వేటకుక్కను గాని అందుకోలేరు. గ్రద్దను మించిన వేగంతో వెళ్లాలంటే మీరు విమానంలో వెళ్లాలి.

అయితే మానవుడు సృష్టించిన యంత్రాలు అతనికి అసమాన వేగాన్ని ప్రసాదించాయి. కొంత కాలం క్రితం సోవియట్ యూనియన్‌లో ప్రయాణీకుల కొరకు తయారుచేసిన 'హైడ్రోఫాయిల్' నౌకలు గంటకు 60–70 కిలోమీటర్లు నడుస్తాయి (చిత్రం 1). నీటిపైకన్న నేలపైన హెచ్చు వేగంతో ప్రయాణించవచ్చు. కొన్ని రైలు దారులలో సోవియట్ దేశంలో ప్యాసెంజరు రైలు వేగం గంటకు 100 కి.మీ. కంటె హెచ్చుగా ఉంటుంది. 'జిల్ – 111' అనే కారు (చిత్రం 2) గంటకు 170 కి.మీ. వేగంతో పోగలదు. ఏడు సీట్లున్న 'చాయికా' అనే కారు 160 కి.మీ. వేగంతో పోతుంది.

ఆధునిక విమానాలు ఇంతకన్న చాలా హెచ్చు వేగంతో వెడతాయి. సోవియట్ దేశంలో



చిత్రం 2. 'జిల్ – 111' సోవియట్ మోటారుకారు.



చిత్రం 3. 'టి.యు. – 144' జెట్ విమానం.

విమాన ప్రయాణాలకు పెద్ద పెద్ద 'టి.యు. – 104' జెట్ విమానాలు, 'టి.యు. –134' జెట్ విమానాలు ఉపయోగిస్తున్నారు. ఇవి గంటకు సుమారు 800 కిలోమీటర్ల వేగం కలవి. ధ్వని వేగం సెకండుకు 330 మీటర్లు, లేక గంటకు 1,200 కిలోమీటర్లు. ఈ వేగాన్ని అధిగమించే విమానాలను తయారుచేయాలని సాంకేతిక నిపుణులు (శాస్త్రజ్ఞులు) ప్రయత్నాలు సాగించింది యిటీవలనే. ఈనాడా సమస్య పరిష్కరింపబడింది. సోవియట్ యూనియన్‌లో 'టి.యు. – 144' జెట్ విమానం నిర్మింపబడింది. ఇది గంటకు 2,500 కిలోమీటర్ల వేగం కలది (చిత్రం 3). మనకు, అత్యంత వేగం గల 'సూపర్‌సోనిక్' (ధ్వని వేగాన్ని మించే) జెట్ విమానాలున్నాయి. అవి గంటకు 3,000 కి.మీ. పోగలవు.

కొన్ని వేగాల వివరాలు ఈ దిగువ పట్టికలో ఉన్నాయి.

నత్త	సెకండుకు	1.5	మి.మీ	లేక గంటకు	5.4	మీ.
తాబేలు	"	20	"	"	72	"
చేప	"	1	మీ.	"	3.6	కి.మీ.
కాలినడక	"	1.4	"	"	5	"
అశ్వికదళం నడక	"	1.7	"	"	6	"
అశ్వికదళం కదం	"	3.5	"	"	12,6	"
ఈగ	"	5	"	"	18	"
మంచుపై స్కీలతో కదిలేవాడు	"	5	"	"	18	"
అశ్వికదళం పరుగు	"	8.5	"	"	30	"
హైడ్రోఫాయిల్ నౌక	"	16	"	"	58	"

కుందేలు	సెకండుకు	18	మీ.లేక	గంటకు	65	కి.మీ.
గ్రద్ద	”	24	”	”	86	”
వేటకుక్క	”	25	”	”	90	”
రైలు	”	28	”	”	100	”
'జిల్ – 111' మోటారుకారు	”	50	”	”	170	”
రేసింగుకారు (రికార్డు)	”	174	”	”	633	”
'టి.యు. – 144' జెట్ విమానం	”	693	”	”	2,500	”
గాలిలో ధ్వని	”	330	”	”	1,200	”
సూపర్‌సోనిక్ జెట్ విమానం	”	833,3	”	”	3,000	”
భూమియొక్క వర్తుల వేగం	”	30,000	”	”	1,08,000	”

ఇంతకంటె కూడా హెచ్చు వేగం గల వాహనాలను మానవుడు నిర్మించాడు. మొట్టమొదటి సోవియట్ 'స్పుత్నిక్' ఆరంభవేగం సెకండుకు 8 కి.మీ. తదనంతరం సోవియట్ స్పేస్ రాకెట్లు 'పలాయన వేగం' అనబడే వేగాన్ని అందుకున్నాయి (ఈ వేగం సెకండుకు 11.2 కి.మీ.). అందువల్లే స్పేస్ రాకెట్లు భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణ క్షేత్రము దాటి పోగలిగాయి.

కాలంతో పోటీ

ఉదయం 8 గంటలకు వ్లదివొస్తోక్‌నుంచి విమానంలో బయలుదేరి అదే వుదయం 8 గంటలకు మాస్కో చేరడం సాధ్యం అవుతుందా? ఇది వేళాకోళం కాదు. అలా చేయటం సాధ్యమయిన పనే. అందులో వుండే కిటుకు ఏమంటే వ్లదివొస్తోక్, మాస్కోల మాండలిక కాలమానాల మధ్య 9 గంటలు వ్యత్యాసమున్నది. రెండు నగరాల మధ్యా గల దూరాన్ని మన విమానం 9 గంటలలో ఎగరగలిగితే వ్లదివొస్తోక్‌లో ఏ వేళకు బయలుదేరామో, అదే వేళకు మాస్కోలో ఉంటాం.

ఈ దూరం సుమారు 9,000 కి.మీ. గనక, మనం 9,000: 9 = 1,000 కి.మీ. (గంటకు) ప్రయాణించాలి. ఈనాడు విమానాలు దానికంటె ఎక్కువ వేగంగా ప్రయాణించ గలవని మనకు తెలుసు, అందుచేత "సూర్యుణ్ణి మించి" పోగలవు.

ధ్రువమండలపు అక్షాంశాల వెంబడి "సూర్యుణ్ణి మించి" (లేక భూమిని మించి) ప్రయాణించడానికి ఇంత వేగం కూడా అవసరం లేదు. నోవయ జెమ్ల్యాకు ఎగువను, 77వ

అక్షాంశం వెంబడి, గంటకు 450 కి.మీ. వేగంతో వెళ్లే విమానం, భూభ్రమణంవల్ల భూతలము నున్న బిందువు ఎంత దూరం కదులుతుందో అంతే దూరం ఎగురుతుంది. అలాటి విమానంలో మనం సరి అయిన దిక్కుకు ప్రయాణించినట్టయితే సూర్యుడు ఆకాశంలో ఆగిపోయినట్టు కనిపిస్తాడు — అస్తమించనే అస్తమించడు.

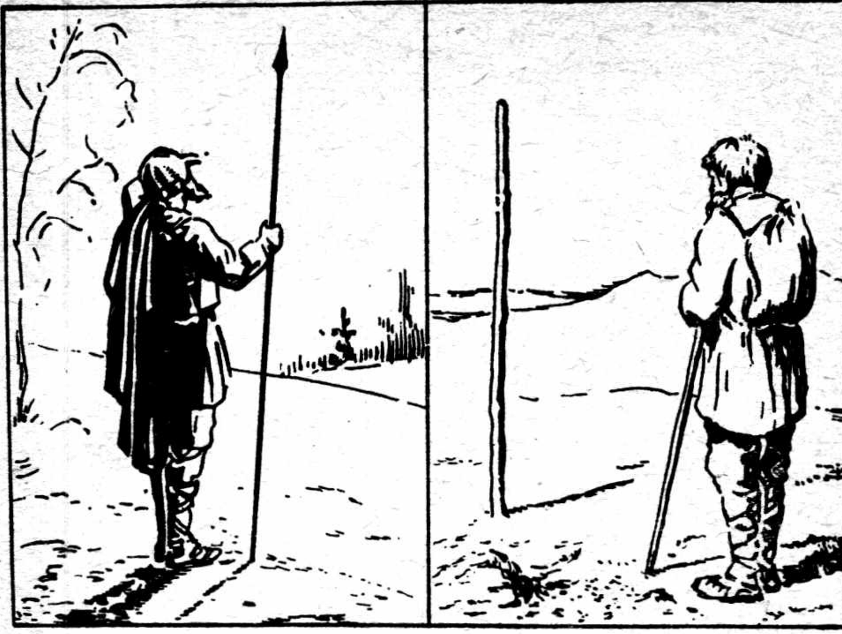
భూమి చుట్టూ ప్రదక్షిణం చేసే "చంద్రుణ్ణి మించి" ప్రయాణించడం అంతకంటె తేలిక. భూమి తన చుట్టూ తాను ఒక సారి తిరగడానికి పట్టే కాలానికి 29 రెట్లు కాలంలో చంద్రుడు ఒక సారి భూమిని చుట్టి వస్తాడు. (మనం చెప్పుకునేవి వర్తుల వేగాలు, సూటి వేగాలు కావు.) అందుచేత గంటకు 25–30 కి.మీ. వేగంతో ప్రయాణించగల ఏ మామూలు నౌక అయినా చంద్రుణ్ణి మించి నడి అక్షాంశాలలో సహితం ప్రయాణించగలదు.

"విదేశం వెళ్లిన అమాయకులు" అనే పుస్తకంలో 19వ శతాబ్దపు సుప్రసిద్ధ అమెరికన్ రచయిత మార్క్ ట్వేన్ యీ విషయమే చెబుతాడు. అట్లాంటిక్‌మీదుగా న్యూయార్కు నుంచి అజోర్స్ ద్వీపాలకు వెళ్లేటప్పుడు, "వాతావరణం వేసవిలో వలె సుఖంగా ఉన్నది. పగళ్లకంటె కూడా రాత్రుళ్లు హాయి అనిపించాయి. మాకు ప్రతి రాత్రీ ఒకే సమయంలో ఆకాశంలో ఒకే చోట పూర్ణ చంద్రుడు కనిపిస్తూ వచ్చాడు. చంద్రుడియొక్క యీ ప్రత్యేక ప్రవర్తనకు కారణం మొదట మాకు అవగాహన కాలేదు. కాని మేము వేగంగా తూర్పుకేసి ప్రయాణం చేస్తూ గంటకు లాంగిట్యూడు డిగ్రీలో మూడో వంతు (లేక 20 నిమిషాలు) ముందుకు పోతున్నామని తెలుసుకున్నాక ఈ వింత అర్థమైంది — మేము రోజూ ఆదా చేస్తున్న కాలం చంద్రుడితో సమంగా ఉండడానికి చాలింది."

సెకండులో సహస్రాంశం

సెకండులో వెయ్యో వంతు అనేది మానవుల సామాన్య కార్యక్రమాలలో లెక్కలోకి రాదు. ఇంత సూక్ష్మమైన కాలప్రమాణం ఇటీవలనే ప్రయోగంలోకి వచ్చింది. కాలప్రమాణాన్ని సూర్యుడి కదలికనుబట్టీ, నీడల నిడివినిబట్టీ గణించినవారు నిమిషాలను ఖాతరు చెయ్యలేదు. వాటిని లెక్కించడం నిరుపయోగంగా భావించేరు (చిత్రం 4). ప్రాచీన కాలంలో జీవితం ఎంత తాపీగా నడిచేదంటే, ఆ కాలపు గడియారాలైన సూర్యఘటి (సన్‌డయల్), ఇసుక బుడ్లు మొదలైనవాటిలో నిమిషాల గుర్తులుండేవి కావు (చిత్రం 5). నిమిషాల ముల్లు మొట్టమొదటి సారిగా 18వ శతాబ్ది ఆరంభంలో గడియారాలలో అవతరించింది. 19వ శతాబ్దారంభంనుండి సెకండ్ల ముల్లు కూడా వచ్చింది.

2 Зак. 17269



చిత్రం 4. సూర్యుణ్ణిబట్టి కాలనిర్ణయం: (ఎడమ) సూర్యుడున్న స్థానాన్నిబట్టి, (కుడి) నీడ నిడివినిబట్టి.

సెకండులో సహస్రాంశం గురించి ఆలోచిద్దాం. అంత కొద్ది కాలంలో ఏమి జరగవచ్చు నంటారా? చాలా జరగవచ్చు: మామూలు రైలుబండి ఆ కాలంలో 3 సెంటిమీటర్లు మాత్రమే కదులుతుంది. కాని ధ్వని 33 సెంటిమీటర్లు నడుస్తుంది. విమానం మీటరు కదులుతుంది. సూర్యుడి చుట్టూ ప్రదక్షిణం చేసే కక్ష్యలో భూమి 30 మీటర్లు నడవగలు గుతుంది. కాంతి 300 కి.మీ. దూరం పోగలుగుతుంది.

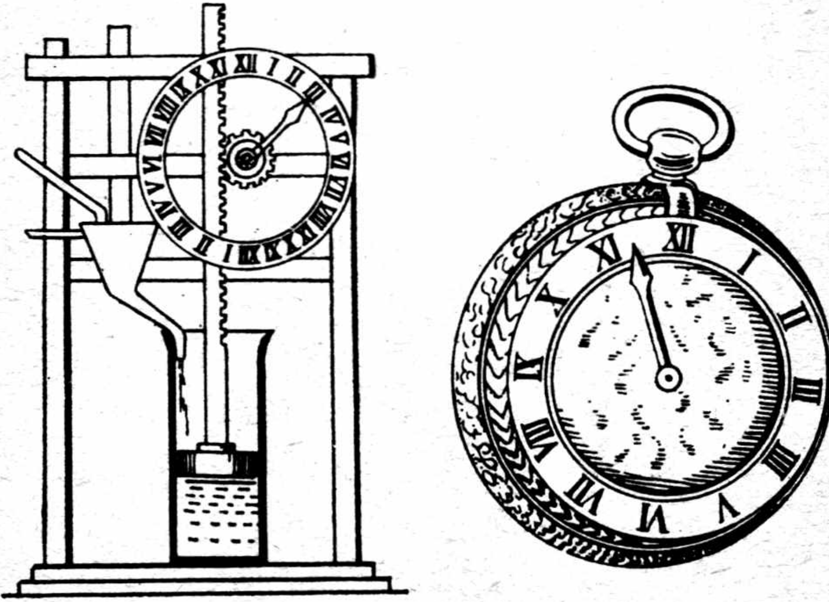
మన చుట్టూ ఉండే సూక్ష్మ జీవులు సెకండులో సహస్రాంశం ఒక లెక్కలోది కాదని అనుకోవు — వాటికి అనుకోవటం చేతనయితే. కీటకాలకు అది గణించదగిన కాలమే. దోమ తన రెక్కలను సెకండుకు 5 లేక 6 వందల సార్లు ఆడిస్తుంది. అందుచేత సెకండులో వెయ్యో వంతు కాలంలో అది తన రెక్కలను దించడమో ఎత్తడమో చెయ్యగలదు.

మనం మన అంగాలను కీటకాలంత వేగంగా కదలించలేము. మనం అతి వేగంగా చేసే పని కళ్లు ఆర్పడం — రెప్పపాటు — ఇది ఎంత శీఘ్రంగా జరుగుతుందంటే, కళ్లార్పిన కాలంలో కళ్ల ఎదుట వుండే దృశ్యం అదృశ్యం అవడం కూడా మనం గమనించలేము. దీని మూలాననే అతి కొద్ది కాలమానానికి "రెప్పపాటు కాలం" అని పేరు పుట్టింది. అయితే మన సెకండు యొక్క సహస్రాంశంతో పోల్చితే యిది చాలా దీర్ఘకాలమని చాలామందికి తెలియదు. సమగ్ర

మయిన రెప్పపాటును సూక్ష్మంగా కొలవగా అది సెకండులో అయిదింట రెండు వంతుల కాలమని తేలింది. అంటే సెకండు తాలూకు సహస్రాంశాలు నాలుగు వందలు అన్నమాట. రెప్పపాటును ఈవిధంగా విభజించవచ్చు: రెప్ప మూసుకోడానికి 75–90 సహస్రాంశాలు పడుతుంది. అది సెకండులో 130–170 సహస్రాంశాలపాటు మూసుకొని వుండి కదలదు. తరువాత రెప్ప తెరుచుకోవడానికి 170 సహస్రాంశాల కాలం పడుతుంది. దీనినిబట్టి "రెప్పపాటు" కాలం చాలా దీర్ఘమయినదని తేలుతుంది. ఆ సమయంలో కనురెప్ప కొంత విశ్రాంతి తీసుకుంటుంది కూడాను. సెకండులో ప్రతి సహస్రాంశానికి జరిగే సంఘటనలను వేర్వేరుగా మనస్సున ముద్రించుకోగల శక్తి మనకున్నట్లయితే, కనురెప్ప తాపీగా వాలడమూ, లేవడమూ, మధ్య కాలంలో కన్ను మూసుకొని ఉండడమూ చక్కగా చూడవచ్చు.

మన నాడీవ్యూహము అటువంటి శక్తి కలదే అయితే మన చుట్టూ కనుపించే ప్రపంచం గుర్తుపట్టనంతగా మారిపోయి యుండేది. అటువంటి పరిస్థితిలో మన కళ్లకు కనుపించే వింత దృశ్యాలనే హెచ్. జి. వెల్స్ "కొత్త ఏక్సిలరేటర్" అన్న కథలో వర్ణించేడు. యీ కథలో కథా నాయకులు ఒక వింత కషాయం తాగేరు. ఆ కషాయం నాడీవ్యూహంమీద పనిచేసి అతి వేగంగా జరిగే సంఘటనలను వేర్వేరుగా మనస్సున ముద్రించుకోగల శక్తి నిస్తుంది. ఆ కథలోని ఒక సంఘటన:

"'కిటికీ తెర అలా అమర్చి వుండడం ఎప్పుడయినా చూశారా?'



చిత్రం 5. (ఎడమ) పాతకాలపు నీటి గడియారం, (కుడి) పాతకాలపు జేబు గడియారం. రెంటిలోనూ నిమిషాల ముల్లు లేకపోవటం గమనించండి.

''నేను కర్టెను వేపు చూశాను. తెర స్తంభించిపోయి వుంది. గాలికి వంగిన కర్టెను కొస వంగినట్టే ఉండిపోయింది.

'' 'ఎన్నడూ చూడలేదు. చిత్రం!' అన్నాను.

'' 'ఇది చూడండి!' అంటూ అతను గ్లాసు పట్టుకొని ఉన్న తన చేతిని తెరిచాడు.

''గతుక్కుమని, గ్లాసు కింద పడి ముక్కలయి పోతుందనుకున్నాను. కాని అది కింద పడి పగలక పోగా, కదిలినట్టు కూడా కనిపించలేదు; అది గాలిలో నిశ్చలంగా నిలచి ఉన్నది.

'' 'ఏ వస్తువైనా భూమివైపు పడేటప్పుడు మొదటి సెకండులో 5 మీటర్లు (16 అడుగులు) పడుతుందనే విషయం మీకు తెలిసిందే కదా. గ్లాసు ఇపుడు ఈ 5 మీటర్లు పడుతోంది. అయితే ఏమిటంటే సెకండులో శతాంశం కూడా ఇంకా అవలేదు'* అన్నాడు గిబర్న్. 'దీనిని బట్టైన 'ఏక్సిలరేటర్' (కషాయం) యొక్క ప్రభావం కొంత మీకు తెలుస్తుంది.'

''అంటూ అతను తన చేతిని, అతి నింపాదిగా కిందికి దిగుతున్న గ్లాసు చుట్టూ, దాని కిందుగా, మీదుగా తిప్పాడు.

''చివరకు అతను ఆ గ్లాసును అడుగుభాగంలో పట్టుకుని, ఎంతో జాగ్రత్తగా బల్లమీద ఉంచుతూ, 'ఏం?' అని నవ్వాడు....

''నేను కిటికీగుండా బయటికి చూశాను. ఒకడు సైకిలుమీద నిశ్చలంగా ఉన్నాడు. అతని వెనక చక్రం దగ్గర దుమ్ముతెర స్తంభించి వున్నది. అతడు ఒక ప్రయాణీకుల బండిని దాటి పోవటానికి యత్నిస్తున్నట్టున్నాడు. బండిలో కూడా ఏమీ కదలిక లేదు....

''మేము గేటుగుండా రోడ్డుమీదికి వెళ్లాము. శిలాప్రతిమలలాగా ఉన్న ట్రాఫిక్‌ను పరిశీలించాము. ప్రయాణీకుల బండి తాలూకు చక్రాల పైభాగంలోనూ, దాన్ని లాగే గుర్రాల కాళ్లలోనూ, బండివాడి కొరడా తాడులోనూ, అపుడే ఆవలించ నారంభించిన బండివాడి కింద దౌడలోనూ కొద్దిపాటిగా నైనప్పటికీ కదలిక కనిపించింది. కాని మిగిలిన బండి, సరంజా

---

*మొదటి సెకండుయొక్క మొదటి శతాంశంలో వస్తువు — ఈ సందర్భంలో గ్లాసు — పడేది 5 మీటర్లలో నూరో వంతు కాదు; పదివేలో వంతు. ఇది అరమిల్లిమీటరు మాత్రమే అవుతుంది. మొదటి సెకండులో మొదటి సహస్రాంశ కాలమయితే మిల్లిమీటర్లో నూరో వంతవుతుంది. ఇదంతా $S = \frac{1}{2} gt^2$ అన్న సూత్రాన్నిపట్టి తెలుసుకోగల విషయమే.

మాలలో ఏవిధమైన కదలిక లేదు. ఒక మనిషి గొంతునుంచి వచ్చిన అస్పష్టమయిన ధ్వని తప్పిస్తే అంతా నిశ్శబ్దము! బండిలో కూర్చుని వున్న ప్రయాణీకులు స్తంభించి విగ్రహాల లాగా కనుపించారు.

"కందగడ్డలాటి మొహం కల ఒక పొట్టి మనిషి తాను చదివే పత్రికను తిరిగి మడచ డానికి గాలితో కుస్తీ పడుతూ స్తంభించిపోయి వున్నాడు. ఆ మనుష్యులందరినీ చూస్తే గాలి బలంగా వీస్తున్న లక్షణాలు కనుపించాయి. కాని ఆ గాలి మా స్పర్శాజ్ఞానానికి ఏమాత్రమూ అంతుచిక్కలేదు....

"ఆ కషాయం నా రక్తనాళాలలో పని చేయనారంభించిన తరువాత నేను అన్నది, అనుకున్నది యావత్తూ, ఆ మనుష్యులకు, మిగతా ప్రపంచానికి సంబంధించినంతవరకూ, రెప్పపాటు కాలంలో జరిగిపోయింది...."

శాస్త్రజ్ఞులు కొలవగల అతి సూక్ష్మ కాలప్రమాణం ఎంతో మీకు తెలుసుకోవాలని ఉందా? ఈ శతాబ్ది ఆరంభం నాటికి అది సెకండులో పదివేలవ వంతు. ఈనాటి భౌతికశాస్త్రవేత్త సెకండులో 1,00,00,00,00,000వ వంతు కొలవగలడు. 3,000 సంవత్సరాలలో ఒక సెకండు ఏ అంశమో సెకండులో ఇది అదే అంశము.

స్లోమోషను కెమేరా

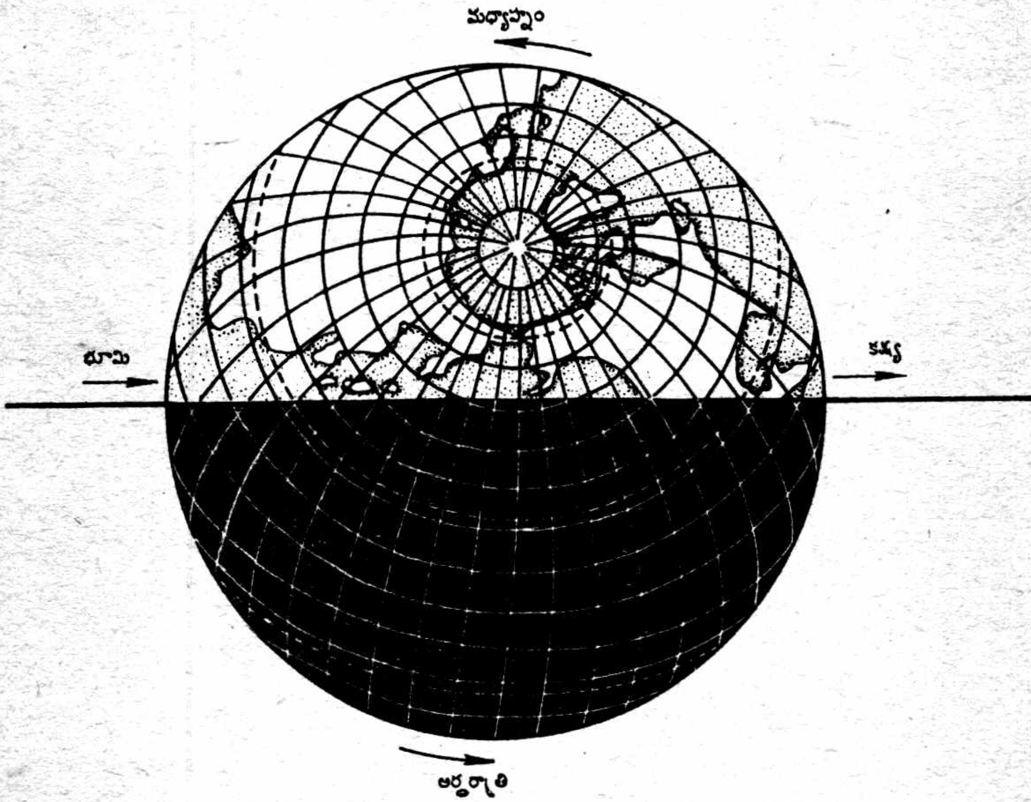
హెచ్. జి. వెల్స్ ఆ కథ రాసే నాటికి అలాటిది తన కళ్లారా చూస్తానని అనుకొని వుండలేదు. అయితే స్లోమోషను కెమేరా ధర్మమా అంటూ ఆయన తానూహించిన దానిని ప్రత్యక్షంగా చూశాడు.

మామూలు సినిమా కెమేరాలు సెకండుకు 24 బొమ్మలు తీస్తే, ఈ కెమేరా దానికి చాలా రెట్లు తీస్తుంది. దీని పైన తీసిన ఫిల్మును మామూలు వేగంతో సెకండుకు 24 ఫ్రేముల చొప్పున, తెరమీద ప్రాజెక్టు చేస్తే కదలికలు మామూలుగా ఉండే దానికన్న చాలా నింపాదిగా కనిపిస్తాయి. అసాధారణంగా తాపీగా ఉండే గంతులు, మిగిలిన తాపీగా బడిన విషయాలు తెరమీద పాఠకుడు చూసే ఉంటాడు. స్లోమోషను కెమేరాలు హెచ్చు అభివృద్ధి కావడంవల్ల, హెచ్. జి. వెల్స్ చిత్రించిన విడ్డూరాలు దాదాపు ప్రత్యక్షమవుతున్నాయి.

మనం సూర్యుడి చుట్టూ హెచ్చు వేగంతో

తిరిగేది ఎప్పుడు: రాత్రా—పగలా?

ఒకసారి పారిస్ పత్రికలలో ఒక ప్రకటన పడింది. 25 సెంటీములకు అతి చౌకగా, ఆహ్లాదకరమైన ప్రయాణం చేసే పద్ధతి సూచిస్తామని ఆ ప్రకటనలో వున్నది. అనేకమంది అమాయకులు ఆ మొత్తాన్ని పంపారు. వారందరికీ ఈవిధంగా జవాబు వచ్చింది:



చిత్రం 6. ఎండపడే ప్రాంతంలోకన్నా చీకటి ప్రాంతంలో ఉన్నప్పుడు మనం సూర్యుడి చుట్టూ హెచ్చు వేగంతో కదులుతాము.

"అయ్యా, మీరు మీ పక్కమీద సుఖంగా పడుకుని భూమి తిరుగుతున్నదన్న సంగతి స్మరించండి. పారిస్ వుండే 49వ అక్షాంశ రేఖమీద మీరు రోజుకు 25,000 కి.మీ. కన్న హెచ్చు దూరమే ప్రయాణం చేస్తున్నారు. చక్కని దృశ్యాలు కూడా చూడకోరినట్లయితే కిటికీ తెరలు తొలగించి నక్షత్రమయ ఆకాశం చూసి ఆనందించండి."

ఈ వుత్తరాలు పంపిన వాడిని పట్టుకుని వంచనా నేరానికి గాను విచారణ జరిపారు. ఆ మనిషి శాంతంగా తీర్పు విని తనకు విధించిన జరిమానా కట్టేసి ఒక గంభీరమైన అభినయ భంగిమ దాల్చి గలీలియో నోట వచ్చినట్టు ప్రసిద్ధంగా చెప్పకునే మాటలు:

"ఏమన్నప్పటికీ అది తిరుగుతూనే వుంది" అన్నాడు.

అతను అన్నది ఒక విధంగా నిజమే మరి. భూమిపై నున్న ప్రతి ఒకడూ భూమి గుండ్రంగా తన ఇరుసు చుట్టూ తిరగడంతోబాటు "ప్రయాణం" చెయ్యడమే కాక అంతకంటె హెచ్చు వేగంతో భూమి వెంట సూర్యుడి చుట్టూ ప్రయాణిస్తున్నాడు. ఈ మన భూమి మననీ భూమిపై గల సమస్తాన్నీ వెంటబెట్టుకొని ప్రతి సెకండు కాలంలోనూ ఆకాశాన 30 కిలోమీటర్లు నడుస్తూ అదే సమయంలో బొంగరంలాగ తన చుట్టూ తాను తిరుగుతున్నది కూడా.

దీని మూలాన ఒక విచిత్రమైన ప్రశ్న పుట్టుకొచ్చింది. మనం సూర్యుడి చుట్టూ ఎపుడు హెచ్చు వేగంతో కదులుతున్నాం? పగలా? రాత్రా?

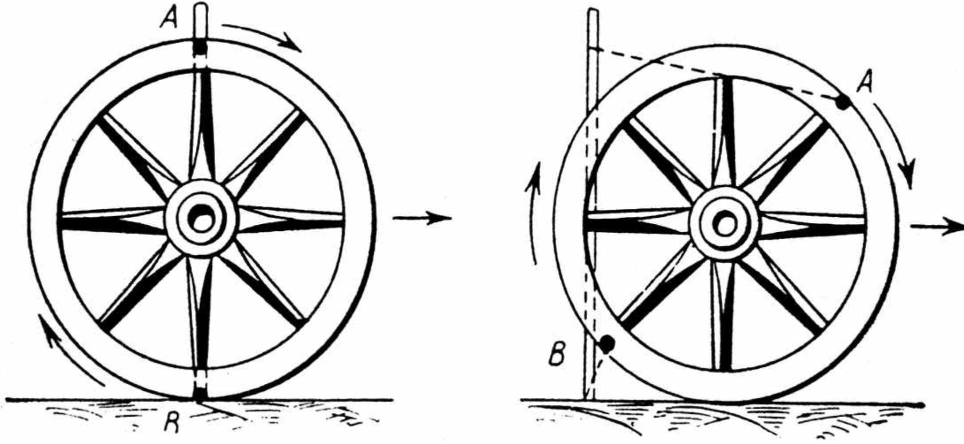
కొంచెం గడ్డు ప్రశ్నే కదూ? భూమికి ఒక వైపు పగలు, ఇంకొక వైపు రాత్రి అనేది అస్తమానూ వుండేదేనాయె.

అయినా, నేనడిగిన ప్రశ్న అర్థంలేనిదని కొట్టి పారెయ్యకండి. భూమి ఎపుడు హెచ్చు వేగంతో పోతున్నదని కాదు నేనడిగేది, భూమిమీద వుండే మనం ఎపుడు హెచ్చు వేగంతో ఆకాశంలో కదులుతున్నాము అని. ఇది అర్థంలేని ప్రశ్న కాదు. సౌరకూటంలో మనం రెండు రకాల గతులకు గురి అవుతున్నాము; భూమితోపాటు సూర్యుడి చుట్టూ కదులుతున్నాము (పరివర్తన గతి), భూమియొక్క భ్రమణ గతివల్ల దాని అక్షము చుట్టూ తిరుగుతున్నాము. ఈ రెండు గతులు ఒకదాని కొకటి కూడుతాయి. కాని వాటి మొత్తం ఎల్లపుడూ ఒకే విధంగా వుండక, మనం సూర్యకాంతిలో వుండే సమయంలో ఒకటిగానూ, చీకటి ప్రాంతంలో వుండే సమయంలో మరొకటిగానూ వుంటుంది. చిత్రం 6 చూసినట్టయితే, అర్ధరాత్రి సమయాన భూమియొక్క పరివర్తన వేగానికి భ్రమణ వేగం కలుస్తుంది. మిట్టమధ్యాహ్నంవేళ పరివర్తన వేగంనుంచి భ్రమణ వేగం తరుగుతుంది. దీని ఫలితంగా మనం సౌర కూటంలో మిట్టమధ్యాహ్నమప్పడుకన్న అర్ధరాత్రివేళ హెచ్చు వేగంతో కదులుతాం.

భూభ్రమణ వేగం భూమధ్యరేఖమీద సెకండుకు అరకిలోమీటరు ప్రాంతంలో ఉంటుంది. కనుక, అక్కడ మధ్యాహ్న వేగానికి అర్ధరాత్రి వేగానికి గల తేడా సెకండుకు ఒక కిలోమీటరు దాదాపుంటుంది.

బండి చక్రం సమస్య

బండి చక్రానికి గాని సైకిలు చక్రానికి గాని అంచుకు సమీపంలో ఒక రంగు కాగితం అంటించండి. బండి (లేక సైకిలు) నడిచేటప్పుడు ఏమి జరిగేదీ పరికించండి. మీకు గమనించ డం చేతనయిన పక్షంలో రంగు కాగితం భూమికి దగ్గరగా వచ్చినప్పుడు హెచ్చు స్పష్టంగా కనిపించి, పైకి వచ్చినప్పుడు యించుమించు కనబడనంత వేగంతో కదులుతుంది.



చిత్రం 7. చక్రం పైభాగం కిందిభాగంకన్న హెచ్చు వేగంతో కదులుతుంది. చక్రం నడిచేటప్పుడు నిలువుకర్రనుంచి *A*, *B* ఎడంగా వెళ్లడంలోగల వ్యత్యాసం (కుడి) గమనించండి.

చక్రం కిందిభాగంకంటె పైభాగం హెచ్చు వేగంతో కదులుతున్నట్టు కనబడదా? కదిలే బండి చక్రాల పై ఆకులు కింది ఆకులు గమనించిన యిలాగే అనిపిస్తుంది కదూ? పై ఆకులు అలుక్కుపోతాయి, కింది ఆకులు స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి.

నమ్మండి, నమ్మకపోండి కదిలే చక్రం యొక్క పైభాగం కిందిభాగంకంటె హెచ్చు వేగంతో కదులుతుంది. నమ్మశక్యం కాకపోయినా దీని వివరణ అతి తేలిక. కదిలే చక్రంయొక్క ప్రతి భాగానికి రెండు రకాల గతులు వుంటాయి — ఒకటి ఇరుసు చుట్టూ తిరగడమూ, రెండవది ఇరుసుతోపాటు ముందుకు పోవడమూను. భూమి విష యంలోలాగే ఈ రెండు గతులు కూడుతాయి, పర్యవసానం చక్రం పైభాగానికి ఒకటిగాను, కిందిభాగానికి మరొకటిగాను వుంటుంది. చక్రం పైభాగంలో భ్రమణగతి బుజుగతి ఒకే

దిక్కు కేసి వుంటాయి కనుక, ఒకదానికొకటి కలుస్తాయి. కిందిభాగంలో భ్రమణగతి చక్రం బుజాగతికి ఎదురుంటుంది కనుక, ఒకదానిలో ఒకటి తీసివెయ్యాలి. అందుకే నిలబడి చూసేవాడికి చక్రం పైభాగం కిందిభాగంకన్న హెచ్చు వేగంతో పోతున్నట్టు కనిపిస్తుంది.

ఇదే విషయం నిరూపించడానికి సులభముగా చేయదగిన చిన్న ప్రయోగం ఒకటి వుంది. నిలచి వున్న బండి చక్రం ఇరుసును ఆనేటట్టుగా నేలలో ఒక పొడుగుపాటి కర్ర పాతి, చక్రం పైభాగాన, కిందిభాగాన అంచు వెంబడి రెండు గుర్తులు బొగ్గుతోనో, సుద్దముక్కతోనో పెట్టండి. ఈ రెండు గుర్తులూ ఇరుసుతోపాటు కర్రకు సూటిగా వుండాలి. ఇప్పుడు బండిని, ఇరుసు 20, 30 సెంటిమీటర్ల దూరం జరిగేలాగ కుడి పక్కకు నెట్టండి (చిత్రం 7). గుర్తులు ఏవిధంగా కదిలాయో చూడండి. పైన పెట్టిన గుర్తు (A) చాలా దూరం జరిగింది, కింది గుర్తు (B) దాదాపు వుంచిన చోటే వున్నది.

చక్రంలో అతినెమ్మదిగా కదలే భాగం

దొరిలే చక్రంలోని అన్ని భాగాలు ఒకే వేగంతో కదలవని తెలుసుకున్నాం. వాటిలో మరీ తక్కువ వేగంతో కదిలే భాగమేది?

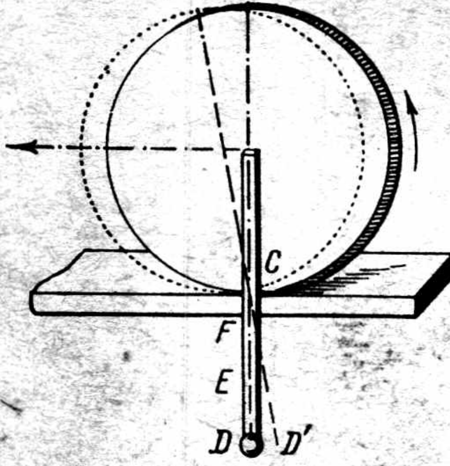
నేలను తాకి వుండేది. ఖచ్చితంగా చెప్పాలంటే నేలను తాకి వున్న క్షణంలో ఆ భాగానికి కదలిక ఏమీ వుండదు.

ఇది నడిచే చక్రానికి మాత్రమే వర్తిస్తుంది. నిశ్చలంగా వుండే ఇరుసుమీద తిరిగే చక్రానికిది వర్తించదు. ఉదాహరణకు యంత్రాలలోని చక్రాలు తీసుకున్నట్టయితే వాటి అన్ని భాగాలు ఒకే వేగంతో కదులుతాయి.

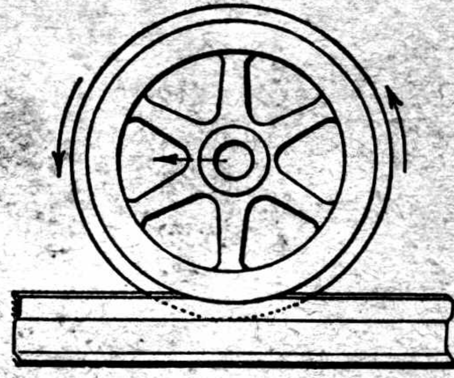
చిక్కు ప్రశ్న

మరొక చిక్కు ప్రశ్న వున్నది. కదిలే రైలులో, మాటవరసకు లెనిన్‌గ్రాడ్‌నుంచి మాస్కోకు వెళ్లే రైలులో, రైలు తోవకు సాపేక్షముగా వ్యతిరేక దిశలో కదిలే బిందువులేవైనా ఉంటాయా?

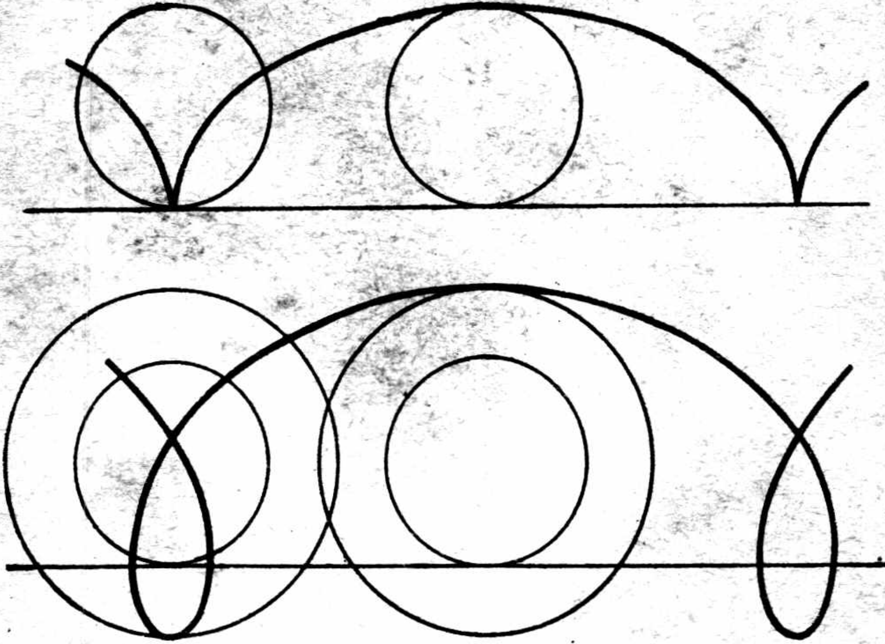
ఉంటాయని తేలుతోంది. అన్ని రైలు చక్రాలు ప్రతి క్షణమూ అటువంటి బిందువులు కలిగి వుంటాయి.



చిత్రం 8. నాణెం ఎడమ పక్కకు దొర్లినప్పుడు, పొడుచుకు వచ్చే అగ్గిపుల్ల తాలూకూ భాగాలు వెనక్కు పోతాయి.



చిత్రం 9. రైలుచక్రం ఎడమ పక్కకు నడిచినప్పుడు దాని అంచులోని దిగువ భాగాలు వెనక్కు పోతాయి.



చిత్రం 10. (ఎగువ) బండి నడిచేటప్పుడు దాని చక్రం అంచునగల ప్రతి భాగమూ ఇలాటి వక్రరేఖ ('సైక్లాయిడ్') వెంబడి నడుస్తుంది. (దిగువ) రైలు నడిచేటప్పుడు దాని చక్రం అంచునగల ప్రతి భాగమూ ఇలాటి వక్రరేఖ వెంబడి నడుస్తుంది.

ఈ బిందువులు రైలు చక్రాల అంచులమీద రైలు పట్టాలకు దిగువగా వుంటాయి. రైలు ముందుకు వెళ్లేటప్పుడు ఈ బిందువులు వ్యతిరేక దిశలో కదులుతాయి. ఈక్రింది ప్రయోగాన్ని మీరే సులువుగా చేసి చూసుకోవచ్చు. దానినిబట్టి యిది ఎలా జరిగేదీ గ్రహించవచ్చు. చిత్రం 8లో చూపినట్టుగా ఒక గుండ్రని నాణానికి బంక పెట్టి ఒక అగ్గిపుల్ల అతికించండి. దానిని అగ్గిపుల్లతో సహా ఒక స్కేలుబద్దపైన, అగ్గిపుల్ల నిలువుగా వుండేటట్టుగా వుంచి బొటనవేలితో C వద్ద నొక్కిపెట్టి నాణాన్ని కుడినుంచి ఎడమకు ఆడించండి. నాణాన్ని దాటి వచ్చిన అగ్గిపుల్లలోని భాగాలు F, E, D ముందుకు కాక, వెనక్కు పోవటం కనిపిస్తుంది. అగ్గిపుల్లతల (D) హెచ్చు దూరాన వున్నకొద్దీ అది వెనక్కు పోవటం మరింత హెచ్చుగా కనిపిస్తుంది. (D కదలి D^1 వద్దకు వస్తుంది.)

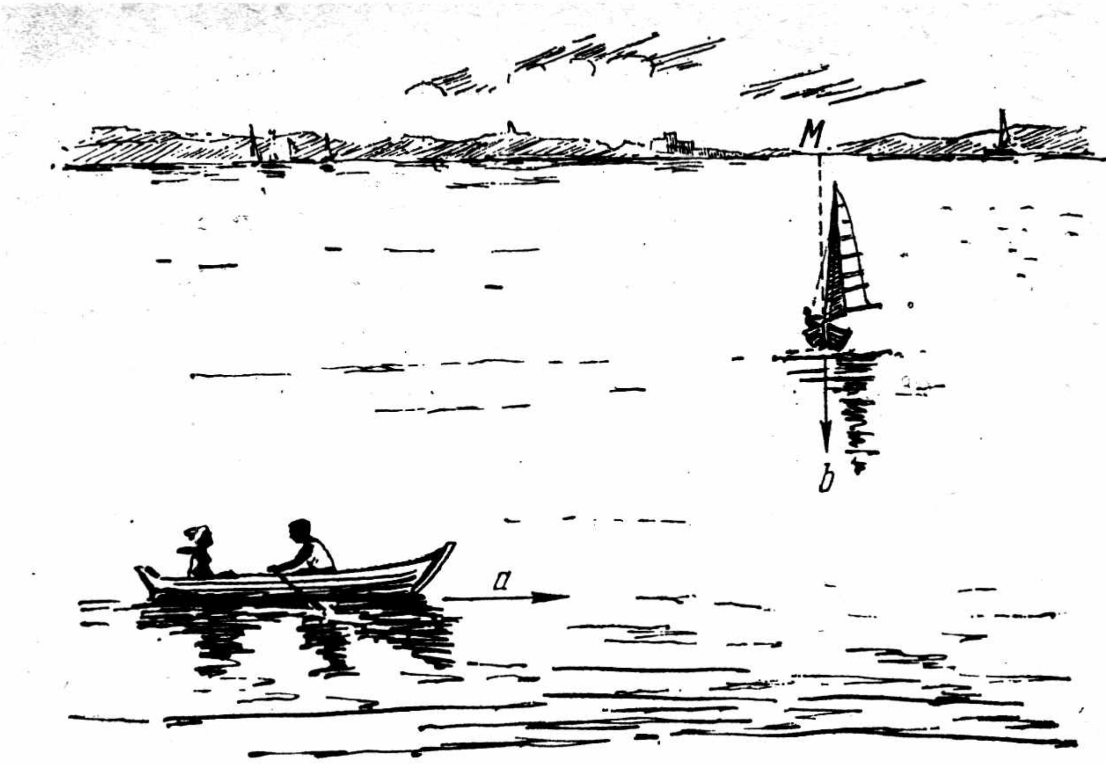
రైలు చక్రాల లోపలి అంచులు పట్టాలకన్న దిగువగా వుంటాయి కనక, వాటిపై నున్న బిందువులు కూడా ఇలాగే కదులుతాయి.

రైలు గమనానికి వ్యతిరేక దిశలో కదిలే బిందువులున్నాయని ఇప్పుడు నేనంటే మీకు వింత అనిపించదు. ఈ తిరోగమనం సెకండులో కొంత భాగంకంటె హెచ్చు కాలం వుండదు. అయినప్పటికీ, మన సాధారణ విశ్వాసానికి విరుద్ధంగా, రైలు నడిచేటప్పుడు దానిలోని కొన్ని భాగాలు ఎదురు నడిచే మాట నిజం. 9, 10 చిత్రాలు ఈ సంగతి వివరిస్తాయి.

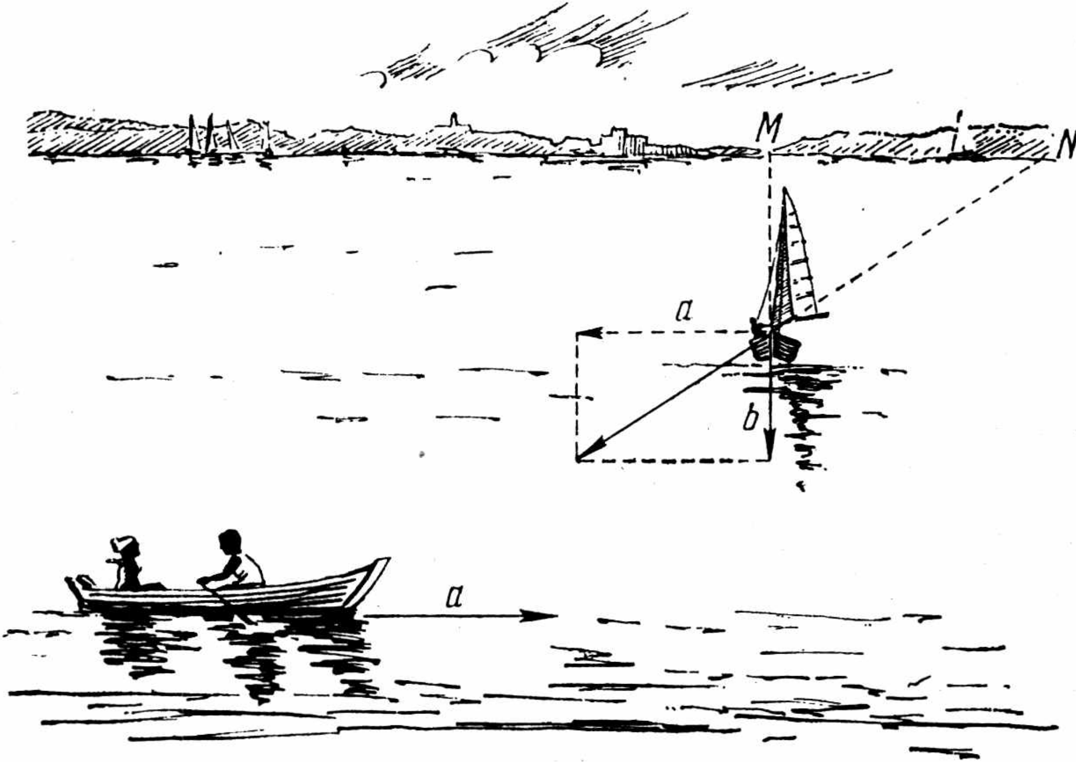
పడవ ఎక్కడనుంచి బయలు దేరింది?

ఒక తెడ్డుపడవ సరస్సులో పోతున్నది (చిత్రం 11). బాణం *a* దాని గమనాన్ని (వేగాన్ని, దిక్కును) సూచిస్తుంది. దాని దారికి అడ్డుగా ఒక తెరచాప పడవ నడుస్తున్నది. బాణం *b* దాని గమనాన్ని (వేగాన్ని, దిక్కును) సూచిస్తుంది. తెరచాప పడవ ఎక్కడనుంచి బయలుదేరింది? మీరయితే తడుముకోకుండా *M* అనే చోటును చూపిస్తారు. తెడ్డు పడవలోవాళ్ల నడిగితే మరొక చోటు చూపిస్తారు. ఎందుచేత?

తాము వెళ్లే దారికి తెరచాప పడవ వచ్చే దారి సమకోణంలో ఉన్నట్టు వారు చూడలేరు, ఎందుచేతనంటే వారికి తమ కదలిక తెలియదు. తాము కదలకుండా వున్నట్టు, తమ పరిసరాలు మాత్రం తాము కదిలే వేగంతోనే తాము వెళ్లే దిక్కుకు ఎదురుగా కదులుతున్నట్టు చూస్తారు. వారి దృష్టినుంచి తెరచాప పడవ బాణం *b* వుండే దిక్కుగా మాత్రమే కాక, చుక్కల గీత *a* వుండే దిక్కుగా (తమకు ఎదురుగా) కూడా నడుస్తున్నట్టు కనిపిస్తుంది (చిత్రం 12). తెరచాప పడవకు గల ఈ గమనాలను – ఒకటి నిజమైనది, రెండవది కంటికి స్ఫురించేది – ఈ రెండు సమాంతర చతుర్భుజ సూత్రం ప్రకారం ఒకదానితో



చిత్రం 11. తెరచాప పడవ తెడ్డుపడవ వెళ్లే దారికి అడ్డంగా నడుస్తున్నది. రెండింటి వేగాలనూ a, b అనే బాణాలు సూచిస్తాయి. తెడ్డుపడవలో వాళ్లకు ఏం కనిపిస్తుంది?



చిత్రం 12. తెరచాప పడవ N అనే చోటినుంచి ఏటవాలు మార్గంలో ప్రయాణిస్తున్నట్టు తెడ్డుపడవలోవాళ్లు భావిస్తారు.

ఒకటి కలుస్తాయి. దాని ఫలితంగా a, b అనే సమాంతర చతుర్భుజంయొక్క కర్ణం దిక్కు నుంచి తెరచాప పడవ వస్తున్నట్టు డింగీలో వారికి కనిపిస్తుంది. అందుచేత అది M నుంచి బయలుదేరినట్టుగా కాక తమకు అంతకంటె ఎక్కువ దూరాన వున్న N నుంచి బయలు దేరినట్టు వారు భావిస్తారు (చిత్రం 12).

భూమితోపాటు దాని కక్ష్యలో కదిలే మనం — తెడ్డుపడవలోవాళ్ల తెరచాప పడవ బయలుదేరిన స్థానం గురించి పొరపడ్డట్టే — నక్షత్రాల స్థానం గురించి పొరబడతాం. కక్ష్య వెంబడి భూమి కదిలే వేపున నక్షత్రాలు ఉన్నదానికంటె కొంచెం ముందున్నట్టు మనకు కనిపిస్తాయి. కాంతి వేగంతో పోల్చితే భూమియొక్క వేగం చాలా తక్కువే (10,000వ వంతు), కనక నక్షత్రాల స్థానచ్యుతి లేక కాంతి విపథనము (aberration of light) చాలా అల్పం. అయినా నక్షత్రాలను పరిశీలించే పరికరాలు దానిని గుర్తించగలవు.

తెరచాప పడవ యుక్తి ప్రశ్న మీకు నచ్చిందా? అయితే దానికి సంబంధించిన మరి రెండు ప్రశ్నలకు సమాధానం ఇవ్వండి.

మొదటిది, తెరచాప పడవలో వారికి తెడ్డుపడవ ఏ దిక్కుగా కదులుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది?

రెండవది, వారికి ఆ పడవ ఏ ప్రదేశానికేసి వెళ్లుతున్నట్టు అనిపిస్తుంది?

ఈ ప్రశ్నలకు సమాధానాలు చెప్పడానికి మీరు బాణం a ఆధారంతో వేగాల సమాంతర చతుర్భుజం రచించి దాని కర్ణం గీయాలి (చిత్రం 12). దానినిబట్టి తెరచాప పడవలో వారికి తెడ్డుపడవ ఏటవాలుగా ప్రయాణిస్తూ తీరంకేసి పోతున్నట్టు కనిపిస్తుందని స్పష్ట మవుతుంది.

రెండవ అధ్యాయం

గురుత్వాకర్షణ. బరువు. లీవరు. పీడనం

లేచి నిలబడు!

నీవు కుర్చీమీద ఒక విధంగా కూర్చున్నావంటే, నిన్ను దానికేసి కట్టెయ్యనవసరం లేదు — నీవు లేచి నిలబడలేవు. వేళాకోళమాడుతున్నా ననుకుంటున్నావు కదూ?

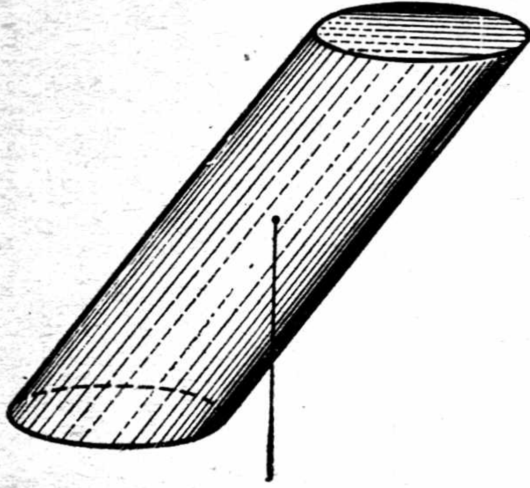
సరే చూద్దాం. చిత్రం 13లో కుర్రాడు కూర్చున్నట్టుగా కుర్చీమీద కూర్చో. నిటారుగా కూర్చో, కాళ్లు కుర్చీ అడుగుభాగానికి లాగుకోకు. ఇప్పుడు ముందుకు వంగకుండాను, కాళ్లు కదపకుండాను లేచి నిలబడటానికి యత్నించు.

నీ తరం కాదు, విశ్వప్రయత్నం చెయ్యిగాక, పాదాలు కుర్చీకిందికి పోనిచ్చి, లేక ముందుకు వంగితేనే తప్ప లేచి నిలబడలేవు.

దీనికి కారణం వివరించేముందు, వస్తువుల స్థిరనిశ్చలత గురించీ, ముఖ్యంగా మానవ శరీరాల స్థిరనిశ్చలత గురించి చెబుతాను. ఒక వస్తువుయొక్క గరిమనాభిగుండా వెళ్లే లంబరేఖ ఆ వస్తువుయొక్క పీఠంలోనుంచి వెళ్లినప్పుడే ఆ వస్తువు పక్కకు ఒరగకుండా నిలబడగలదు. చిత్రం 14లో వుండే ఏటవాలు సిలిండరు పడి తీరుతుంది. అలాకాక, దాని గరిమనాభినుంచి గీసిన లంబరేఖ దాని పీఠంమీద పడడానికి దాని పీఠం విశాలంగా ఉన్నట్లయితే అది పడదు. పీసా, బొలన్యాలవద్ద ప్రసిద్ధమైన "ఏటవాలు" గోపురాలు, అర్ఖాన్‌గెల్‌స్క్‌వద్ద గల గంట గోపురమూ (చిత్రం 15) ఒరిగిపోయి వున్నప్పటికీ ఈ కారణంచేతనే పడిపోవు. వాటి



చిత్రం 13. లేవడం అసాధ్యం.



చిత్రం 14. గరిమనాభియొక్క లంబం పీఠం వెలపల పడడంచేత సిలిండరు పడి తీరాలి.



చిత్రం 15. అర్హాన్‌గెల్‌స్క్ వద్ద ఉండే ఏటవాలు గోపురం (పాత ఫోటో ఆధారంతో).

గరిమనాభులనుంచి గీసిన లంబరేఖలు వాటి పీఠాలని దాటిపడవు. అది పడిపోక పోవడానికి మరొక కారణం వాటి పునాదులు భూమిలో చాలా లోతు వుండడం.

నీ గరిమనాభినుంచి వెళ్లే లంబరేఖ నీ పాదాలు ఆక్రమించిన ఆవరణలో పడినంత కాలమూ నీవు పడవు (చిత్రం 16). కనకనే ఒంటి కాలిపై నిలబడడం కష్టం. తాడుపై నిలబడడం మరీ కష్టం: మనకున్న 'పీఠం' చాలా చిన్నది, మన గరిమనాభినుంచి వెళ్లే లంబరేఖ దాన్ని తప్పి పోవడం చాలా తేలిక. చాలా కాలం నౌకలమీద పనిచేసిన నావికుడి నడక ఎంత వికారంగా ఉంటుందో గమనించేవా? వాడు తన జీవితం చాలా వరకూ నౌకలమీద గడుపుతాడు. నౌకలో అటూ ఇటూ అస్తమానమూ ఒరుగుతూ ఉండడంచేత అనుక్షణమూ వాడి గరిమనాభి లంబరేఖ వాడి 'పీఠాన్ని' అతిక్రమిస్తూ వుంటుంది. అందుచేత వాడు కాళ్లు ఎడంగా పెట్టి, పాదాల కింది ఆవరణను వీలయినంత విశాలంగా ఉండేటట్టు చూసుకొని, పడకుండా ఉండడం అలవాటు చేసుకుంటాడు. అదే నడక అలవాటయిపోయి వాడు భూమిమీద కూడా పంగటించుకుంటూ నడుస్తాడు. దీనికి విరుద్ధమైన మరొక ఉదాహరణ. తూకం నిలబెట్టుకొనడానికి చేసే యత్నాల ఫలితంగా అందమైన 'పోజు' అలవడుతుంది. తలలపై బరువులు మోసే పోర్టర్ల శరీరాలు రూపవంతంగా ఉంటాయి, — ఈ విషయం మీరు గమనించే



చిత్రం 16. మనిషి నిలబడి నప్పుడతని గరిమనాభి లంబం పాదాలకు మధ్యగల ఆవరణలో పడుతుంది.

వుంటారు. తలలపై కలశాలుగల స్త్రీల మనోహరమైన ప్రతిమలు కూడా మీరు చూసి ఉండవచ్చు. నెత్తిమీద బరువు ఉండడంచేత ఈ వ్యక్తులు తమ తలలనూ, శరీరాలనూ నిటారుగా ఉంచుకోవలసిన అవసరం ఉంటుంది. పక్కలకు ఏమాత్రం వంగినా నెత్తిన బరువు ఉండడంచేత గరిమనాభి (నెత్తిన బరువు ఉన్నప్పుడు గరిమనాభి సాధారణ స్థానంకన్న పైనుండును) లంబరేఖ పీఠాన్ని అతిక్రమించి వారి స్థిరనిశ్చలత పోతుంది.

ఇప్పుడు మొదట్లో చెప్పిన సమస్యకు వద్దాం. కూర్చుని వున్న కుర్రవాడి గరిమనాభి వాడి శరీరం లోపలి వెన్నులో — వాడి బొడ్డుకు 20 సెంటిమీటర్లు ఎగువగా — ఉన్నది. దానినుండి పోవు లంబం వాడి కాళ్ల వెనుక వున్న కుర్చీలోనుంచి పోతుంది. అది పాదాల మధ్య నుంచిపోతే గాని మనిషి నిలబడలేడని మనకు తెలుసు.

అందుచేత మనం లేవాలంటే ముందుకు వంగి గరిమనాభిని ముందుకు తేవాలి, లేదా కాళ్లు కుర్చీకిందికి పెట్టి గరిమనాభికిందికి పీఠాన్ని జరపాలి. మనం కుర్చీలోనుంచి లేచేటప్పుడు అదే చేస్తాం. అలా చెయ్యటానికి వీలు లేనట్టయితే మనం కుర్చీనుంచి లేవనే లేం — ఈ సంగతి నీకిప్పుడు అనుభవంద్వారా తెలియనే తెలిసింది.

నడక, పరుగు

జీవితంలో ప్రతి రోజూ కొన్ని వేల సార్లు చేసే పనులను గురించి మీకు స్పష్టంగా తెలిసి వుండాలి కదా? సామాన్యంగా తెలుసుననే అనుకుంటారు. కాని అది నిజం కాదు. ఉదాహరణకు నడక, పరుగు తీసుకుందాము. ఇంతకంటె మనకు పరిచయమైన చలనాలు మరేముంటాయి? కాని, మనం నడిచేటప్పుడు, పరుగెత్తేటప్పుడు, మన శరీరాన్ని ఎలా కదులుస్తామో, ఈ రెంటికి వ్యత్యాసం ఏమిటో మీలో ఎంతమందికి తెలుసునా అని నా సందేహం.

నడక గురించి, పరుగు గురించి శరీరశాస్త్రవేత్త ఏమంటాడో చూద్దాం.* ఆయన చెప్పేది మీలో చాలామందికి కొత్తగా వుంటుందని నా నమ్మకం.

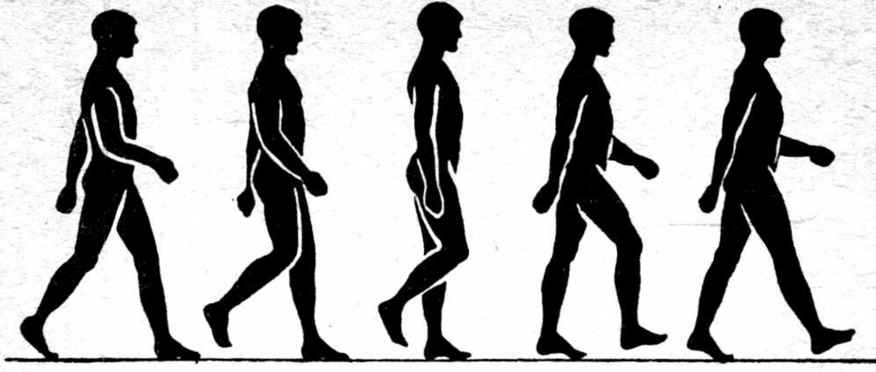
''ఒక మనిషి ఒంటి కాలుమీద, మాటవరుసకు కుడి కాలుమీద నిలబడ్డాడనుకోండి. ఆ మనిషి తన మడమ ఎత్తి ముందుకు వంగాడనుకోండి. (నడుస్తూ గాని, పరుగెత్తుతూ గాని మనిషి తన పాదంతో భూమిని తోసేటప్పుడు, తన బరువుగాక 20 కిలోగ్రాముల అదనపు వత్తిడి భూమిపై కలిగిస్తాడు. అందుచేత మనిషి నిలబడినప్పుడు కన్న నడిచేటప్పుడు భూమిపై హెచ్చు భారం వేస్తాడు. — పెరెల్మాన్.) అతను ఆ భంగిమలో వున్నప్పుడు అతని గరిమనాభి లంబం అతని పీఠానికి వెలపల వుండడంచేత అతను విధిగా ముందుకు పడిపోవాలి. అయితే అతను ఇలా చేయనారంభిస్తూనే అంతవరకు గాలిలో వున్న ఎడమ కాలిని చప్పున ముందుకు చాచి, తన గరిమనాభి లంబాన్ని దాటి నేలమీద వుంచుతాడు. అందుచేత గరిమనాభి లంబం రెండు పాదాల మధ్య ఉండే జాగాలో పడుతుంది, తూకం సరిపోయింది. అతను ఒక అడుగు ముందుకు వేసాడు.

''అతను శ్రమతో కూడిన ఈ భంగిమలోనే నిలబడి పోవచ్చు, కాని ఇంకా ముందుకు వెళ్లాలంటే, మళ్లీ ముందుకు వంగి, తన గరిమనాభి లంబాన్ని పీఠం దాటి పడనిచ్చి పడబోయే క్షణంలో మళ్లీ తన కాలు — ఈ సారి కుడి కాలు — ముందుకు చాచాలి. ఈవిధంగా అతను మరొక అడుగు ముందుకు పోతాడు. తరువాత నడక ఇలాగే సాగుతుంది. అందుచేత నడక అనేది ఒక క్రమంలో ముందుకు పడబోవడమూ వెనక వున్న కాలును ముందుకు చాచి పడకుండా ఆపుకోవడమూను.

''దీన్ని మరింత వివరంగా పరిశీలింతాం. మొదటి అడుగు వేయడం పూర్తి అయిందనుకుందాం. ఆ క్షణంలో కుడి కాలు ఇంకా భూమిమీదే వున్నది, ఎడమ కాలు భూమిని తాకుతూ వున్నది. అంగ మరీ చిన్నది కాని పక్షంలో కుడి మడమ పైకి లేచి వుంటుంది. ఎందుకంటే మడమ ఎత్తితేనే ముందుకు వంగి తూకంలో మార్పు కలిగించడం సాధ్యమవుతుంది. నేలను మొట్టమొదట తాకేది ఎడమ కాలి మడమ తరవాత ఎడమ పాదమంతా నేలను ఆని వుండే సమయానికి కుడి కాలు పూర్తిగా లేచి గాలిలో వుంటుంది. మోకాలివద్ద కొంచెంగా వంగి వుండిన కాలు యీ లోపుగా చాచుకుని, క్షణంపాటు నిటారుగా అవుతుంది. ఇందువల్ల, సగం వంగి వున్న కుడి కాలు నేలను తాకకుండా ముందుకు కదలటం సాధ్యమవుతుంది.

---

*ఈ దిగువ వివరాలు ప్రొఫెసర్ పాల్ బెర్ట్ రచించిన ''లెక్చర్స్ ఇన్ జూఆలజీ''లోవి. చిత్రాలు నావి. — పెరెల్మాన్.

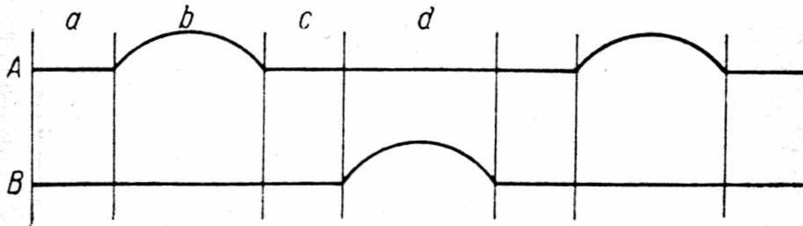


చిత్రం 17. నడక, నడిచే మనిషి తాలూకు క్రమ భంగిమలు.

శరీరాన్ని ముందుకు కదిపే రెండో అడుగు వేసేటప్పుడు కుడి కాలి మడమ మొట్టమొదటగా నేలను తాకుతుంది.

''ఇప్పుడు ఎడమ కాలి వేళ్ల మాత్రమే నేలను తాకి వుంటాయి. అది పైకి లేచి, కుడి కాలు చేసిన పనులన్నీ చేస్తుంది.

''పరుగుకూ, నడకకూ తేడా ఏమిటంటే పరుగులో కాలి కండరాలు ఆకస్మికంగా ముడుచుకుని, కాలు బలంగా చాచుకుంటుంది. అందుచేత శరీరం ముందుకు పోయేటప్పుడు స్వల్ప కాలంపాటు అది భూమిని తాకకుండానే వుంటుంది. తరువాత శరీరం

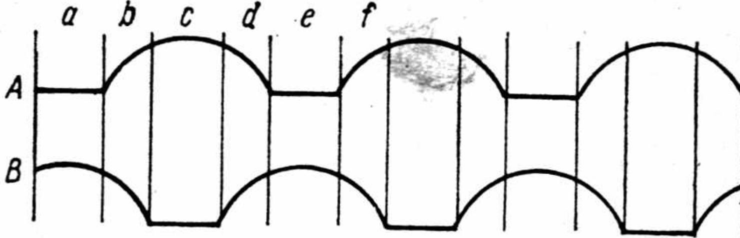


చిత్రం 18. నడిచేవాడి కాళ్ల కదలిక తాలూకు రేఖాచిత్రం (గ్రాఫు). *A* అనే గీత ఎడమ పాదానిది, *B* కుడి పాదానిది. సూటి రేఖలు పాదం నేలనాని ఉండడాన్నీ, వక్రరేఖలు పాదం గాలిలో ఉండడాన్నీ సూచిస్తాయి. *a* అనే విభాగంలో ఎడమ, కుడి పాదాలు నేలనాని ఉన్నాయి, *b* అనే విభాగంలో ఎడమ పాదం గాలిలోనూ, కుడి పాదం నేలమీద ఉన్నాయి. నడక వేగం హెచ్చినకొద్దీ *a*, *c* విభాగాలు చిన్నవవుతాయి. (చిత్రం 20లో పరుగును రూపించే రేఖాచిత్రం పోల్చి చూడండి.)



చిత్రం 19. పరుగు, పరిగెత్తేవాడి క్రమ భంగిమలు (రెండు పాదాలూ ఒకేసారి గాలిలో ఉండే భంగిమలు కూడా వుంటాయి.)

రెండవ కాలితో భూమిని తాకుతుంది. యీ లోపుగా మొదటి కాలు, శరీరం యింకా గాలిలో వుండగానే ముందుకు పోతుంది. యీవిధంగా ఒక కాలి తరువాత మరొక కాలిమీద దూకడం వల్ల పరుగు సాధ్యమవుతుంది."



చిత్రం 20. పరిగెత్తేవాడి పాదాల కదలికను చిత్రించే రేఖాచిత్రం (చిత్రం 18 తో పోల్చి చూడండి). *b, d f* విభాగాలలో రెండు పాదాలూ గాలిలో ఉంటాయి. నడకకూ, పరుగుకూ యిదే తేడా.

సమప్రదేశంలో నడవడానికి శక్తి ధారపోయనవసరం లేదని కొందరనుకోవచ్చు. అది నిజం కాదు. అడుగు వేసినప్పుడల్లా నడిచేవాడి గరిమనాభి కొద్ది సెంటిమీటర్లు పైకి లేస్తుంది. ఒక మనిషి సమప్రదేశాన కొంత దూరం నడవాలంటే, ఆ మనిషిని ఆ దూరమంత ఎత్తు లేపటానికెంత శక్తి అవసరమో అందులో పదిహేనో వంతు శక్తి వ్యయమవుతుందని అంచనా వేయబడింది.

కదిలే రైలుబండిలోనుంచి ఎలా దూకాలి?

ఈ ప్రశ్న మీ స్నేహితులని అడిగినట్లయితే "ఇనర్షియా సూత్రాన్నిబట్టి, దూకేవాడు రైలు వెళ్లే దిక్కుగానే దూకాల"ని చాలామంది చెపుతారు. [రైలులో వెళ్లేవాడి శరీరం కూడా రైలు వేగంతోనే కదులుతూ వుంటుందన్నది 'ఇనర్షియా' సూత్రం. — అను.] కాని ఇక్కడ ఇనర్షియా ప్రసక్తి ఏమున్నది? మీ స్నేహితులను ఇనర్షియా సూత్రం ఇక్కడెలా వర్తిస్తుందో విశదీకరించమని అడిగితే చిక్కులో పడతారు. ఎందుచేతంటే ఇనర్షియానుబట్టే అయితే, దూకేవాడు వెనక్కు, వెళ్లే దిక్కుకు వ్యతిరేకంగా దూకాలి.

అసలు సంగతి ఏమంటే, ఇక్కడ ఇనర్షియా అంత ముఖ్యం గాదు. ఆ కారణం — ఇనర్షియాతో సంబంధం లేనిది. ఆ అసలు ప్రధాన కారణం తెలుసుకోలేకపోతే వెనక్కే దూకాలని ముందుకు దూకరాదని మనం నిర్ణయించుకోవలసి వస్తుంది.

మీరు కదిలే రైలునుంచి దిగాలనుకుందాం. ఏం జరుగుతుంది?

మీరు దూకినప్పుడు ఇనర్షియా కారణంగా మీ శరీరం రైలు వేగంతో కదులుతూ వుండడంచేత ముందుకే పోతుంది. ముందుకు దూకడంవల్ల శరీరంయొక్క వేగం తగ్గడం కాదు కదా పైపెచ్చు హెచ్చుతుంది.

దీనివల్ల అసలు ముందుకు, బండి కదిలే వైపు, దూకే రాదని, వెనక్కు దూకాలని తేలుతుంది. నిజానికి వెనక్కు దూకినప్పుడు దూకువల్ల మన శరీరానికి ఇవ్వబడిన వేగము ఇనర్షియా కారణంవల్ల మన శరీరం కదిలే వేగంనుంచి తీసివేయబడుతుంది. నేలను తాకినప్పుడు మన శరీరం పడిపోయే ఉరవడి కొంత తక్కువగా ఉంటుంది.

అయితే కదిలే బండిలోనుంచి దూకేవాడు ఎప్పుడూ ముందుకే దూకుతాడు. బండి కదిలే దిక్కుగా దూకడమే సరియైన పని. అదే అనాదిగా వస్తున్న పద్ధతి. ఎన్నడూ వెనక్కు దూకడం అనే అపసవ్యపు పని చేయ ప్రయత్నించవద్దని మిమ్మల్ని గట్టిగా హెచ్చరిస్తున్నాను.

ఇందులో ఏదో తికమక ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది కదూ?

ఇంతకూ మనం ముందుకు దూకినా, వెనక్కు దూకినా పడిపోయే అవకాశం వుండనే వుంది. ఎందుకంటే మన పాదాలు నేలను తాకి ఆగిపోయిన తరువాత కూడా శరీరం కదులుతూనే వుంటుంది. ముందుకు దూకేటప్పుడు శరీరంయొక్క వేగం వెనక్కు దూకేటప్పుడు కన్నా హెచ్చుగా ఉంటుందని ముందే చెప్పాను. అయితే వెనక్కు దూకడంకన్న ముందుకు దూకడం క్షేమం. ఎందుకంటే అప్పుడు మన కాలును ముందుకు వేసి లేదా నాలుగడుగులు పరుగెత్తి తూకం నిలుపుకుంటాం; యీ పని మనం అనుకోకుండానే చేస్తాం; నడవడంలాగే. నిజానికి నడవడమంటే మన శరీరం ఒక క్రమంలో ముందుకు

పడిపోవడం, కాలు ముందుకు చాచి ఊత కలిగించుకోవడం మాత్రమే కదా. మనం వెనక్కు దూకినప్పుడు కాలు ముందుకు చాచి ఊత సంపాదించుకునే అవకాశం వుండదు కనుక, ప్రమాదం జాస్తి. ముందుకు దూకి ఒకవేళ పడిపోయినప్పటికీ చేతులు భూమిపై ఆన్చి దెబ్బతగలకుండా ఆనుచుకోవచ్చు. వెల్లకిలా పడితే అది సాధ్యం కాదు.

ముందుకు దూకడమే క్షేమమనడానికి కారణం ఇనర్షియా కాదని, మనమేనని స్పష్టం అవుతున్నది. యీ సూత్రం మన సామానులకు వర్తించదనడం కూడా స్పష్టమే. కదిలే బండిలోని సీసాను వెనక్కు విసిరినదానికన్న ముందుకు విసిరినప్పుడు పగిలే అవకాశాలు జాస్తి. అందుచేత మీరు కదిలే బండిలోనుంచి దూకవలసి వస్తే ముందుగా సామానులు వెనక్కు విసిరేసి మీరు ముందుకు దూకండి.

అలవాటుపడ్డ ట్రాము కండక్టరులూ టికెట్టు ఇన్స్పెక్టరులూ వెనక్కు దూకుతారు. కాని దూకే వేపు వీపు పెట్టి దూకుతారు. ఇది వారికి రెండు విధాలా లాభిస్తుంది. వారు తమ శరీరాల ఇనర్షియా వేగాన్ని తగ్గించుకోవడం ఒకటి, వారు పడిపోయే దిక్కుకే తిరిగి వుంటారు కనుక, వెల్లకిలా పడే అవకాశం వుండకపోవడం మరొకటినూ.

చేతికి చిక్కిన తుపాకి గుండు

యీ విచిత్ర సంఘటన మొదటి ప్రపంచ యుద్ధంలో జరిగినట్టు వార్త వెలువడింది. ఒక ఫ్రెంచి వైమానికుడు రెండు కిలోమీటర్ల యెత్తున పోతూండగా తన ముఖం ముందు యీగలాటిది ఆడుతున్నట్టు అతనికి తోచింది. అతను దాన్ని చేత్తో వడిసి పట్టుకుని చూసి, నిర్ఘాంతపోయాడు — అదొక జర్మన్ తుపాకి గుండు.

ఈ సంఘటన కోతలరాయుడుగా ప్రసిద్ధిచెందిన మున్చౌజన్ అనే పాత్ర చెప్పే కథలని జ్ఞాపకం తెస్తోంది. [మున్చౌజన్ పాత్ర జర్మన్ హాస్యకథలకు చెందినది. అభూత కల్పనలు చెయ్యటంలో యీ పాత్ర జగద్విఖ్యాతి సంపాదించింది. — అను.]

అయితే యీ తుపాకి గుండు పట్టుకున్న వృత్తాంతంలో నమ్మశక్యంగానిదేమీ లేదు.

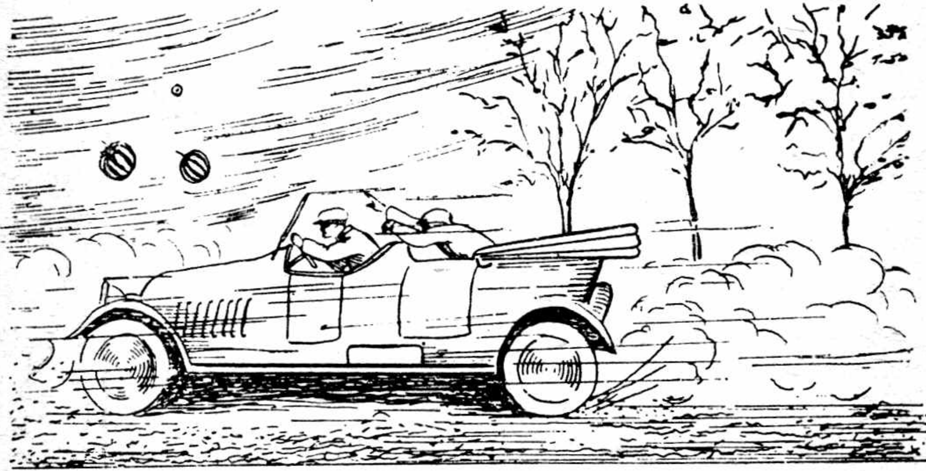
తుపాకి గుండు సెకండుకు 800—900 మీటర్ల ఆరంభ వేగంతో బయలుదేరుతుంది గాని, వాయునిరోధంవల్ల దాని వేగం చివరి దశలో సెకండుకు 40 మీటర్లే ఉంటుంది. విమానాల వేగం అదే గనక — ఆ రోజులకి విమానాలు అటువంటి వేగాలను సాధించేయి — విమానమూ, తుపాకి గుండూ ఒకే వేగంతో కదిలే పరిస్థితి ఏర్పడవచ్చు. ఆ

స్థితిలో వైమానికుడి దృష్ట్యా తుపాకి గుండుకి చలనం ఉండదు. ఉన్నా బహు కొంచెం ఉంటుంది. వైమానికుడు దాన్ని పట్టుకోవచ్చు. అతని చేతికి తొడుగుంటే పట్టుకోవటం మరీ తేలిక, ఎందుకంటే గాలిలో దూసుకు పోయేటప్పుడు అది వేడెక్కుతుంది.

పుచ్చకాయ "బాంబు"

కొన్ని పరిస్థితులలో తుపాకి గుండు "కాటు" వెయ్యలేదని తెలుసుకున్నాం. కాని మెల్లగా విసిరిన "సాధు" వస్తువు కూడా విధ్వంసం చేయగల సందర్భాలుంటాయి. 1924లో లెనిన్ గ్రాడ్ — తిఫ్లీస్ మోటారుకారులు దీర్ఘయానం చేసినప్పుడు కాకసస్ రైతులు తమ అభిమానం ప్రదర్శించడానికి కార్లపై పుచ్చకాయలూ, ఆపిల్ కాయలూ అవీ విసిరారు. అయితే యీ నిరపాయమైన వస్తువులు కార్లకు సొట్టలు కలిగించి వాటిని నడిపేవారికి ప్రమాదం కలిగించాయి. ఇది జరగడానికి కారణమేమంటే వీటి వేగానికి కారుల వేగం తోడై అవి ప్రమాదకరమైన బాంబుల్లాగా పనిచేశాయి. గంటకు 120 కిలోమీటర్ల వేగంతో వెళ్లే కారుకు 4 కిలోగ్రాముల బరువుగల పుచ్చకాయ తగిలినట్టయితే దానికి 10 గ్రాముల తుపాకి గుండుకున్నంత శక్తి ఉంటుంది.

అయితే పుచ్చకాయ మెతకగా ఉంటుంది కనక, దాని దెబ్బ తుపాకి గుండు దెబ్బలాగా ఉండదు.



చిత్రం 21. వేగంగా కదిలే కారుపైన విసిరే పుచ్చకాయలు బాంబులంత ప్రమాదమైనవి.

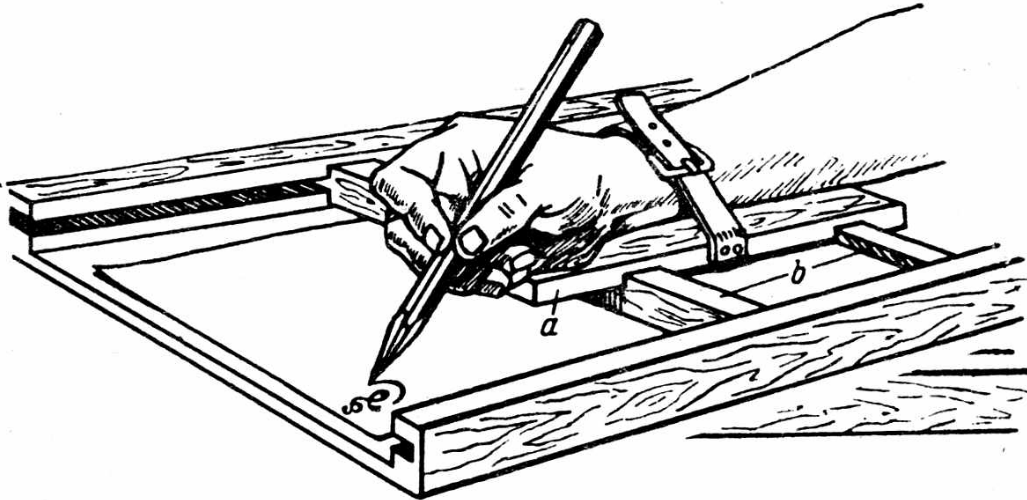
గంటకు 3,000 కి.మీ వేగంతో వెళ్లే వేగవంతమైన విమానాలు వచ్చినప్పుడు — తుపాకి గుండు వేగం ఇంచుమించు అంతే ఉంటుంది — వాటిని నడిపేవారికి పైన చెప్పిన టువంటి అనుభవాలు కలగవచ్చు. హెచ్చు వేగంతో వెళ్లే విమానం దారికి అడ్డు వచ్చిన ప్రతి వస్తువూ ప్రమాదకరమైన ఫిరంగి గుండు అవుతుంది. ఇంకో విమానంలోనుంచి పడవేసిన మషీన్‌గన్ తూటాలూ, ఆ విమానం దీనికి వ్యతిరేక దిశలో ఎగరకపోయినప్పటికీ, దానిపై ఫిరంగి కాల్పులలాగా పని చేస్తాయి. తుపాకులు పేల్చినందువల్ల కలిగేటంత వేగంతోనే ఇవి విమానానికి తగులుతాయి. రెండు సందర్భాలలోనూ సాపేక్ష వేగం ఒకటిగానే వుంటుంది. — విమానమూ, తూటాలూ సెకండుకు సుమారు 800 మీటర్ల వేగంతో ఒకదానిపై వొకటి ఎగురుతాయి — కనుక వాటి తాకిడివల్ల కలిగే నష్టం ఒకటిగానే ఉంటుంది.

అయితే విమానం వెనకనుంచి కాల్పులు జరిగితే మాత్రం తుపాకి గుండూ, విమానమూ ఒకే వేగంతో పోతాయి. కనక ప్రమాదం ఉండదు. యీ సంగతి మనం ఇదివరకే చూశాం. ఒకే దిక్కుగా ఇంచుమించు ఒకే వేగంతో కదిలే వస్తువులు ఒకదానికొకటి తగిలినప్పుడు ప్రమాదం జరగదనే విషయాన్ని తెలివిగా ఉపయోగపరుచుకుని 1935లో బర్‌శ్చోవ్ అనే ఇంజను డ్రైవరు ఒక రైలు ప్రమాదాన్ని తప్పించాడు. అతను దక్షిణ రష్యాలో యేల్నికొవ్‌కూ, అల్హాంకకూ మధ్య రైలు నడుపుతున్నాడు. ముందు మరొక రైలున్నది. ఆ రైలు నడిపేవాడు రైలును ఎత్తుకు ఎక్కించలేకపోయాడు. అందుచేత ఇంజనును కొన్ని పెట్టెలను వేరుచేసి ముందుగల స్టేషనుకు తీసుకుపోయాడు. మిగిలిన 36 పెట్టెలు దారిలో ఉండిపోయాయి. వాటికి డ్రైవరు బ్రేకులు తగిలించని కారణంచేత అవి ఏటవాలున వెనక్కు పరుగెత్తసాగాయి. వాటి వేగం గంటకు 15 కి.మీ.దాకా పెరిగింది. వెనక వున్న రైలుకు అవి ఢీకొని ప్రమాదం జరిగే పరిస్థితి యేర్పడింది. అదృష్టవశాన బర్‌శ్చోవ్ బుర్ర చురుకుగా పని చేసింది, ఏం చెయ్యాలో అతను వెంటనే నిర్ణయించుకున్నాడు. అతను తన రైలును ఆపి వెనక్కు నడిపి, దానికి కూడా క్రమేపీ 15 కి.మీ. వేగం తెప్పించాడు. అందుచేత 36 పెట్టెలు చల్లగా వచ్చి అతని యింజనును ఆనుకున్నాయి. ప్రమాదం తప్పింది.

కదిలే రైలులో సులువుగా రాయటానికి అనుకూలంగా వుండే సాధనం ఇదే సూత్రంపై తయారు అయింది, రైలు బండి పట్టాల జాయింట్లమీదుగా వెళ్లేటప్పుడు కుదుపు కలగ టంవల్ల రాయడం కష్టమవుతుంది. ఆ కుదుపు కాగితానికి, కలానికి ఒకే సమయాన తగలదు. అందుచేత రెండింటి కదలికా ఒకే విధంగా వుండేలాగు చేసే సాధనం అవసరం. అప్పుడు రెండిటి మధ్యా కదలిక వుండదు.

చిత్రం 22లో ఉండేది అలాటి సాధనం. కుడి చేతి మణికట్టు *a* అనే చిన్న బోర్డుకు తోలు పట్టీతో బిగిస్తారు. యీ చిన్న బోర్డు *b* అనే పెద్ద బోర్డుమీద ముందుకూ,

వెనక్కూ జరుగుతుంది; యీ బోర్డు ఇంకా పెద్ద బోర్డులో జరుగుతుంది. బోర్డులు ముందుకూ, వెనక్కూ జరగటానికి గాడులు వుంటాయి. అన్నిటికన్న పెద్ద బోర్డు రైలు పెట్టెలోని బల్లమీద వుంటుంది. ఈ ఏర్పాటువల్ల రాసేవాడికి చెయ్యి ఆడడానికి బోలెడంత సావకాశం ఉంటుంది. రైలు కుదుపు కాగితంమీద, కలంమీద — అంటే కలాన్ని పట్టుకున్న చేతిమీద — ఒకే విధంగా వుంటుంది. యీ సాధనం సహాయంతో రాస్తే ఇంటి వద్ద బల్ల



చిత్రం 22. కదిలే రైలులో రాయడానికి సాధనం.

ముందు కూర్చుని రాసినంత సులువుగా వుంటుంది. ఒక అసౌకర్యం మట్టుకు వుంటుంది — రైలు కుదుపు రాసే చేతిపైన, తలపైన ఒకే విధంగా వుండక పోవటంవల్ల రాస్తున్న మాటలు కంటికి సరిగా కనిపించవు.

బరువు చూసుకునే పద్ధతి

కాటామీద కదలకుండా నిలబడినప్పుడే మీ సరియైన బరువు తెలుస్తుంది. ముందుకు వంగిన మరుక్షణం బరువు తక్కువగా కనిపిస్తుంది. ఎందుచేత? వంగినప్పుడు మీ కండరాలు శరీరంయొక్క దిగువ భాగాన్ని ఎగలాగుతాయి, అందుచేత కాటామీద ఆ భాగం తాలూకు వత్తిడి తగ్గుతుంది. నిటారుగా నిలబడినప్పుడు కండరాలు పై భాగాన్ని పైకి, కింది భాగాన్ని కిందికి లాగుతాయి. అందుచేత మీ శరీరం కాటాపై హెచ్చు వత్తిడి కలిగిస్తుంది. కాటా హెచ్చు బరువును చూపిస్తుంది.

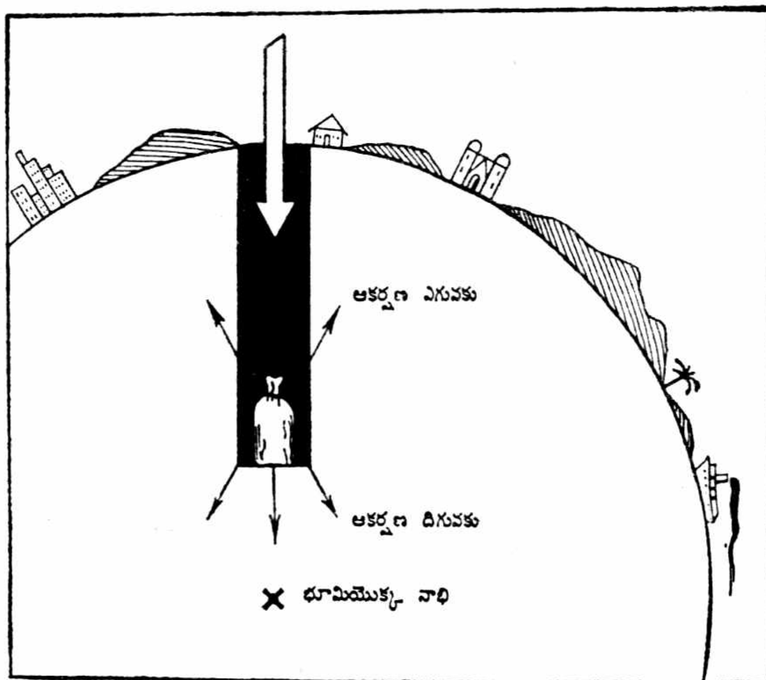
బరువులో కొద్దిపాటి మార్పులను కూడా చూపగల కాటా అయితే, ఒక చెయ్యి ఎత్తినా కూడా బరువులో వ్యత్యాసం తెలుస్తుంది. యీ కొద్దిపాటి కదలికవల్ల మీ శరీరం బరువు

కొంచెం హెచ్చినట్టు కనిపిస్తుంది. చెయ్యి పైకెత్తేటప్పుడు పనిచేసే కండరాలు భుజం ఆధారంగా కలవి; అందుచేత అవి భుజాన్ని, దాంతోపాటు శరీరాన్ని కిందికి నొక్కుతాయి, కాటాపై ఒత్తిడి హెచ్చుతుంది. అయితే మీరు చెయ్యి ఎత్తడం నిలిపివెయ్యగానే మరి కొన్ని కండరాలు పని ప్రారంభిస్తాయి. అవి భుజాన్ని ఎగలాగి, దానిని చేతి చివరకు దగ్గరగా చేర్చ యత్నిస్తాయి. ఇందువల్ల కాటామీద వత్తిడి తగ్గి శరీరం కొంచెం తేలిక అయినట్టు కనిపిస్తుంది.

దానికి విరుద్ధంగా చేతిని దించేటప్పుడు శరీరం బరువు కొంచెం తగ్గి, దించడం పూర్తికాగానే మళ్లీ పెరుగుతుంది. ఒక ముక్కలో చెప్పాలంటే, కండరాలను ఉపయోగించడంద్వారా మీ బరువును — అంటే, కాటామీద మీ శరీరం కలిగించే వత్తిడిని— పెంచవచ్చు; తగ్గించవచ్చు.

బరువు ఎక్కడ జాస్తిగా వుంటుంది?

ఎత్తుకు వెళ్లినకొద్దీ భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణశక్తి తగ్గుతుంది. ఒక కిలోగ్రాము (1,000 గ్రాములు) బరువుండే వస్తువును భూమియొక్క కేంద్రానికి 6,400 కి.మీ. ఎగువకు (భూమియొక్క వ్యాసార్ధానికి రెట్టింపు దూరం) తీసుకువెళ్లినట్టయితే అక్కడ



చిత్రం 23. భూమియొక్క నట్టనడి భాగానికి సమీపించినకొద్దీ గురుత్వాకర్షణ తగ్గుతుంది.

భూమ్యాకర్షణశక్తి $4(2^2)$ రెట్లు తక్కువ వుంటుంది. అక్కడ దాని బరువును స్ప్రింగు త్రాసుతో కొలిచినట్టయితే, 1,000 గ్రాములుండడానికి బదులు 250 గ్రాములే వుంటుంది. గురుత్వాకర్షణ సూత్రం ప్రకారం భూమి తన ద్రవ్యరాశి అంతా కేంద్రంలోనే ఉన్నట్టుగా వస్తువుల్ని ఆకర్షిస్తుంది. యీ ఆకర్షణశక్తి 'విలోమ వర్గ నియమము' **(inverse square law)** ప్రకారం దూరంతోపాటు తగ్గుతుంది. పైన చెప్పిన ఉదాహరణలో మనం వస్తువును భూమి యొక్క కేంద్రంనుంచి రెట్టింపు దూరానికి తీసుకుపోయాము. అందుచేత ఆకర్షణశక్తి (2^2) 4వ వంతు అయింది. ఆ వస్తువును భూమియొక్క కేంద్రంనుంచి మూడింతల దూరం (12,800 కి.మీ.) తీసుకుపోతే భూమియొక్క ఆకర్షణశక్తి 3^2, తొమ్మిదవ వంతుకు తగ్గిపోయి కిలోగ్రాము బరువుగల వస్తువు 111 గ్రాముల బరువే వుంటుంది.

మన కిలోగ్రాము బరువును భూగర్భంలోకి ఎంత లోతుకు తీసుకుపోతే దాని బరువు అంత పెరుగుతుందనుకోగలరు. అది పొరపాటు. దాని బరువు పెరగక పోగా తరుగుతుంది. దీనికి కారణమేమంటే భూమియొక్క ఆకర్షణశక్తి ఇప్పుడు వస్తువును ఒకే దిక్కుగా ఆకర్షించడానికి మారుగా అన్ని పక్కలకూ ఆకర్షిస్తుంది. చిత్రం 23లో నూతి అడుగున ఉన్న బరువు చూపబడింది. ఆకర్షణశక్తి దానిపై కిందినుంచీ, మీదినుంచీ కూడా ప్రయోగింపబడుతుంది. న్యాయంగా బరువును నిర్ణయించేది ఆ వస్తువుకు దిగువగా ఉండే భూమి తాలూకు గోళ భాగం మాత్రమే. వస్తువుకూ భూమియొక్క కేంద్రానికీ మధ్యగల దూరమే వ్యాసార్ధంగా గల భూగోళం గణనలోకి వస్తుంది. యీ కారణంచేత భూమి లోపలికి లోతుగా వెళ్లినకొద్దీ వస్తువు బరువు వేగంగా క్షీణిస్తూ పోతుంది. భూమియొక్క కేంద్రం దగ్గిర వస్తువుకు బరువే ఉండదు. ఎందుకంటే అది అన్ని వేపులకూ సమానమైన శక్తితో లాగబడుతుంది.

సారాంశం: భూమియొక్క ఉపరిభాగాన వస్తువుకు హెచ్చు బరువుంటుంది; దాన్ని భూమిమీదినుంచి పైకి తీసుకుపోయినా, భూమిలో అడుగుకు తీసుకుపోయినా కూడా దాని బరువు తగ్గుతుంది.*

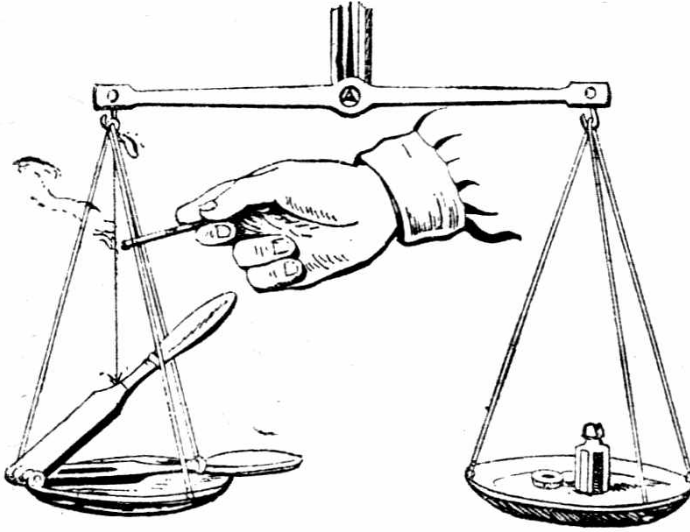
---

* భూగోళం అంతటా సాంద్రత ఒకే విధంగా ఉన్నదనుకుంటేనే ఇది సాధ్యం. వాస్తవంలో భూమియొక్క కేంద్రాన్ని సమీపించినకొద్దీ దాని సాంద్రత హెచ్చుగా ఉంటుంది. కిందికి వెళ్లేటప్పుడు కొంత దూరందాకా భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణ హెచ్చి, అటుపైన తగ్గనారంభిస్తుంది.

పతనమయే వస్తువు బరువెంత?

లిఫ్టులో కిందకు దిగనారంభించేటప్పుడు కలిగే అనుభూతిని గమనించారా? శరీరం అతి తేలిక అయినట్టనిపిస్తుంది. అగాధంలో పడిపోయేటప్పుడు కూడా అలాటి భావమే కలుగుతుంది. భారరాహిత్యంవల్ల యీ భావం కలుగుతుంది. లిఫ్టుయొక్క అడుగు కిందికి దిగడం ప్రారంభమై దాని వేగం మన కింకా అలవడక ముందు, లిఫ్టుపైన మన శరీరం ఒత్తిడి దాదాపు ఏమీ వుండదు. అందుచేత మనకు బరువు చాలా తక్కువ వుంటుంది. మరుక్షణం మనకీ భావం పోతుంది. ఇప్పుడు మన శరీరం లిఫ్టు దిగే వేగంకన్న హెచ్చు వేగంతో పడ ప్రయత్నిస్తుంది; దాని ఒత్తిడి లిఫ్టుపైన పడుతుంది. దానికి పూర్తి బరువు చేకూరుతుంది.

స్ప్రింగు త్రాసు దిగువ వుండే కొక్కానికి ఒక బరువు కట్టి బరువుతో సహా స్ప్రింగు త్రాసును చప్పున కిందికి దించేటప్పుడు ముల్లు ఏం చూపుతుందో గమనించండి. (అలా



చిత్రం 24. పతనమయే వస్తువు భారరహితమైనది.

గమనించేందుకు వీలుండడానికి చీలికలో ఒక బెండు దోపి అది ఎలా కదిలేదీ చూడండి.) బరువు పడేటప్పుడు ముల్లు పూర్తి బరువును చూపదు. చాలా తక్కువ చూపుతుంది. త్రాసు స్వేచ్ఛగా పడేటప్పుడు అది చూపే బరువును మనం గమనించగలిగినట్టయితే పతన దశలో వస్తువుకు అసలు బరువే లేదని తెలుస్తుంది. ముల్లు సున్నామీద వుండటం కనిపిస్తుంది.

వస్తువు ఎంత బరువైనదైనా అది పతనదశలో ఉన్నంత సేపూ దాని బరువంతా పోతుంది. ''బరువు'' అనేది ఒక వస్తువును వేళ్లాడగట్టినప్పుడు గాని, ఒకచోట నిలబెట్టి

నప్పుడు గాని దాని ఆధారంపైన ఆ వస్తువు ప్రయోగించే శక్తి. పతనమయే వస్తువు స్ప్రింగు త్రాసుతోబాటు పడుతుంది గనక, స్ప్రింగును లాగలేదు. పడిపోయే వస్తువు దేనినీ లాగలేదు. దేనిపైనా వత్తిడి కలిగించలేదు. అందుచేత పతనమయే వస్తువు బరువెంత అని అడగటం బరువులేని వస్తువు బరువెంత అని అడగడమే.

మెకానిక్సు శాస్త్రానికి సృష్టికర్త అయిన గలీలియో ఏనాడో 17వ శతాబ్దిలో ఇలా అన్నాడు:* "మన వీపుమీద వున్న భారాన్ని పడిపోకుండా వుంచుకున్నప్పుడు దాని బరువు తెలుస్తుంది. కాని ఆ బరువుతోబాటు అది కదిలే వేగంతోనే మనం కూడా పడిపోయేటప్పుడు అది మనమీద వత్తిడి ఎలా కలిగిస్తుంది? మనకు భారమెలా అవుతుంది? మనంత వేగంతో మనకు ముందుగా పరుగెత్తేవాడిని యీటెతో (యీటెను విసరకుండా — పెరెల్మాన్) పొడవ డానికి ప్రయత్నించడం లాగుంటుంది."

యీ విషయాన్ని యీ చిన్న ప్రయోగం స్పష్టం చేస్తుంది.

ఒక అడకత్తెరను త్రాసు పళ్లెంలో వుంచి, దాని తాలూకు "ఒక కాలును" దారంతో దండంయొక్క కొక్కానికి వేళ్లాడగట్టండి (చిత్రం 24). రెండవ పళ్లెంలో తూకపు రాళ్లు వేసి సమతూకం కలిగించండి. తరువాత అగ్గిపుల్లతో దారాన్ని కాల్చి పైకి లాగి కట్టిన అడకత్తెర కాలు పళ్లెంలో పడేలాగు చెయ్యండి.

అప్పుడు అడకత్తెరగల పళ్లెం కిందికి దిగుతుందా? పైకి పోతుందా? కదలకుండా వుంటుందా?

పడిపోయే వస్తువుకు బరువు వుండదని మీకు తెలుసు కనుక యీ ప్రశ్నకు సమాధానం సరిగా చెప్పగలరు. పళ్లెం క్షణంపాటు పైకి లేస్తుంది.

అడకత్తెర కాళ్లు ఒక చివర కలసి వున్నప్పటికీ "కాలు" పడే క్షణంలో నిశ్చలంగా వున్న ప్పుడుకన్న తక్కువ వత్తిడి కలిగిస్తుంది. కత్తెర భారం ఒక క్షణంపాటు తగ్గుతుంది. ఆ పళ్లెం పైకి లేస్తుంది.

భూమినుంచి చంద్రుడికి

1865–1870 మధ్య ఫ్రాన్సులో జూల్స్ వెర్న్ రచించిన "భూమినుంచి చంద్రుడికి" *(From the Earth to the Moon)* అనే గ్రంథం ప్రచురిత మయింది. అందులో ఆయన

---

*"నూతన శాస్త్రంయొక్క రెండు శాఖలకు సంబంధించిన గణితశాస్త్ర నిరూపణలు" *(Mathematical Proofs Concerning Two Fields of a New Science).*

మనుష్యులను ఒక ప్రాజెక్టయిలులో పెట్టి చంద్రుడిపై పడేలాగ షూటు చేసే విడ్డూరమయిన కల్పన చేశాడు. ఆయన వివరణ ఎంత విశ్వసనీయంగా ఉంటుందంటే అలా చేయటం నిజంగా సాధ్యమే కావచ్చునని పుస్తకం చదివిన చాలామంది అనుకుని వుండవచ్చు. దాన్ని గురించి చర్చిద్దాం.*

తిరిగి భూమిమీద పడిపోకుండా ఫిరంగితో గుండును పేల్చడం — కనీసం సిద్ధాంతరీత్యా అయినా — సాధ్యమా అన్నది చూదాం. సిద్ధాంతరీత్యా అది సాధ్యమే. నిజానికి క్షితిజ సమాంతరంగా పేల్చిన ఫిరంగి గుండు భూమిమీద ఎందుకు పడాలి? గురుత్వాకర్షణవల్ల దాని మార్గం వంపుతిరిగి అది భూమిని తాకుతుంది. కనుక అది సూటిగా పోక భూమికేసి వంగి నేలను తాకుతుంది. నిజానికి భూతలము వంపుతిరిగే వున్నది. కాని ఫిరంగి గుండు వెళ్లే మార్గం అంతకన్న హెచ్చుగా వంగుతుంది. కాని మనం ఆ గుండు మార్గపు వంపును భూతలపు వంపుకు సమానముగా చేసినట్టయితే గుండు భూమిమీద పడదు. అది భూమిని తాకకుండా భూమి చుట్టూ ఒక ఏకకేంద్ర వృత్తంలో తిరుగుతూ బుల్లి చంద్రుడిలాగా వుండిపోతుంది.

అయితే గుండును అలాటి మార్గాన వెళ్లేటట్టు చెయ్యడమెలా? మనం చెయ్యవలసినదల్లా దానికి తగినంత ఆరంభవేగం యివ్వడమే. చిత్రం 25 చూడండి. అందులో భూమియొక్క ఒక ఖండం తాలూకు మధ్యచ్ఛేదం చూపబడింది. కొండ శిఖరం A పైన ఒక ఫిరంగి వున్నది. దానినుంచి క్షితిజ సమాంతరంగా పేల్చిన గుండు, భూమి ఆకర్షించకుండా వుంటే, ఒక సెకండు అనంతరం B వద్దకు వస్తుంది. భూమి ఆకర్షిస్తుంది

చిత్రం 25. ప్రాజెక్టయిలు యొక్క 'పలాయన' వేగం అంచనా కట్టే పద్ధతి.

---

*స్పుత్నిక్‌లు, లూనిక్‌లు వచ్చిన అనంతరం, చంద్రుడికి మానవుడు చేసిన ప్రయాణాల అనంతరం, యీనాడు అంతరిక్షయానాలకు రాకెట్లు వుపయోగిస్తారు కాని ఫిరంగులలోనుండి కొట్టిన ప్రాజెక్టయిలు వుపయోగించరని మనకు తెలుసు. అయితే రాకెట్టుయొక్క ఆఖరు యంత్రం కాలిపోయిన తరువాత రాకెట్టు గమనం ఫిరంగి గుండు గమనానికి వర్తించే సూత్రాలను అనుసరించే వుంటుంది, అందుచేత రచయిత వాక్యాలు కాలగతి పొందలేదు. — సం.

కనక, ఒక సెకండులో ఆ గుండు B వద్ద కాక 5 మీటర్ల దిగువన C వద్దకు చేరుతుంది. గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా శూన్యంలో స్వేచ్ఛగా పతనమయే ఏ వస్తువైనా మొదటి సెకండులో 5 మీటర్లు పడుతుంది. యీ 5 మీటర్లు దిగినమీదట కూడా ఆ గుండు భూమిమట్టానికి A వద్ద వున్నప్పుడుండిన ఎత్తే ఉన్నట్టయితే అది భూమియొక్క ఉపరిభాగానికి ఏకకేంద్ర కక్ష్యలో నడుస్తున్నదన్నమాట

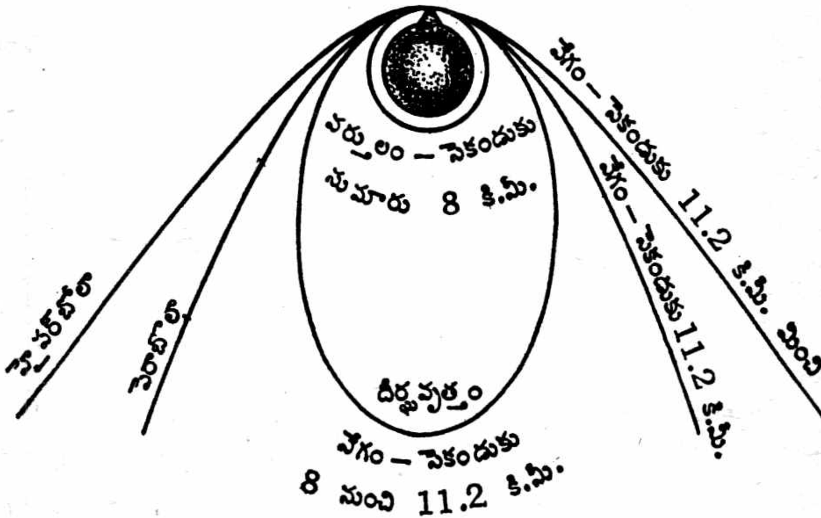
మనం చెయ్యవలసినదల్లా AB మధ్య గల దూరం (చిత్రం 25) లేక గుండు క్షితిజ సమాంతరంగా ప్రయాణిస్తూ ఒక సెకండు కాలంలో నడచిన దూరం కొలవడం. దానినిబట్టి అవసరమయిన వేగం తెలుస్తుంది. AOB అనే త్రిభుజంలో OA అనేది భూమియొక్క వ్యాసార్ధం. ఇది సుమారు 63,70,000 మీటర్లు. $OC=OA$, $BC=5$ మీటర్లు. అందుచేత $OB=63{,}70{,}005$ మీటర్లు. పైతాగరస్ సిద్ధాంతం ప్రకారం:

$$(AB)^2=(63{,}70{,}005)^2-(63{,}70{,}000)^2.$$

పై లెక్కను గణించినట్టయితే AB సుమారు 8 కిలోమీటర్లని తేలుతుంది.

కనుక, ఎలాటి నిరోధమూ లేని పక్షంలో ఫిరంగి ముఖంనుంచి సెకండుకు 8 కి.మీ. వేగంతో క్షితిజ సమాంతరంగా వెలువడే గుండు భూమిమీద తిరిగి ఎన్నటికీ పడదు, అది శాశ్వతంగా బుల్లి చంద్రుడుగా నిలిచిపోతుంది.

మనం ఆ గుండుయొక్క ఆరంభవేగాన్ని ఇంకా హెచ్చిస్తే అది ఏవిధంగా పోతుంది? సెకండుకు 8, 9, 10 కిలోమీటర్ల వేగాలవల్ల ఏర్పడే కక్ష్య దీర్ఘవృత్తంగా ఉంటుందనీ,



చిత్రం 26. ప్రొజెక్టయిలు ఆరంభవేగం సెకండుకు 8 కిలోమీటర్లూ, దానికంటె అధికమూ ఉన్నప్పుడు దానికి ఏం జరుగుతోంది?

ఆరంభవేగం హెచ్చినకొద్దీ దీర్ఘవృత్తం మరింత దీర్ఘంగా ఉంటుందనీ శాస్త్రజ్ఞులు గణించారు. సెకండుకు 11.2 కిలోమీటర్ల వేగం అందుకునే సరికి గుండు దీర్ఘవృత్తాకార కక్ష్యను విడిచిపెట్టి పెరాబొలా ఆకారం గల కక్ష్యలో భూమిని శాశ్వతంగా విడిచిపెట్టి వెళ్లిపోతుంది (చిత్రం 26).

అందుచేత, ఆరంభవేగం తగినంత ఉంటే ఫిరంగి గుండులో కూర్చుని చంద్రమండలానికి వెళ్లటం సిద్ధాంతరీత్యా అసాధ్యం కాదు. అయితే యీ సమస్యలో కొన్ని ప్రత్యేకమైన చిక్కులున్నాయి. వాటిని గురించి వివరంగా తెలుసుకోగోరేవారు ''నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం'' రెండవ భాగమూ, నేను రచించిన ''గ్రహాంతర యానాలు'' చూడవచ్చు.

(పై చర్చలో ఫిరంగి గుండు యానమునకు నిరోధము కలిగించు వాతావరణమును మనము గణన చేయలేదు. నిజానికి వాతావరణ ప్రభావంవల్ల అంతటి హెచ్చు వేగములు సాధించుట వీలుకాదు.)

చంద్రుడి వద్దకు ప్రయాణం: జూల్స్ వెర్న్ వర్ణించిన విధం, అసలునిజం

''భూమినుంచి చంద్రుడికి'' చదివిన ప్రతివాడికీ ఒక వింత వర్ణన తప్పక జ్ఞాపకం ఉంటుంది; భూమియొక్క ఆకర్షణా, చంద్రుడి ఆకర్షణా సమంగా ఉండే సరిహద్దు వద్దకు ప్రొజెక్టయిలు చేరే సరికి అనేక వింతలు జరుగుతాయి. ప్రొజెక్టయిలులో ఉండే వాటికన్నిటికీ బరువు లేకుండా పోతుంది. ప్రయాణీకులు గాలిలో తేల నారంభిస్తారు.

ఇందులో తప్పేమీ లేదు. అయితే జూల్స్ వెర్న్ ఏమారిన సంగతి ఏమిటంటే, ఇదంతా ప్రొజెక్టయిలు పైన చెప్పిన సరిహద్దు దాటే ముందూ, అటు పిమ్మట కూడా జరుగుతుంది — స్వేచ్ఛాయానంతో పాటే భారరాహిత్యమూ ఆరంభమవుతుంది.

నమ్మశక్యంగా లేదు కదూ? కొంచెం ఓపిక పట్టండి. యీ లోపాన్ని ముందుగానే ఎందుకు తెలుసుకోలేకపోయామా అని మీరే ఆశ్చర్యపడతారు.

జూల్స్ వెర్న్‌నుంచే ఒక ఉదాహరణ తీసుకుందాం. అంతరిక్ష ప్రయాణీకులు చచ్చిన కుక్కను బయట పారేస్తే, అది భూమిమీద పడక తమ ప్రొజెక్టయిలు వెనకాలే వస్తూ ఉండడం చూసి వారాశ్చర్యపడ్డ సంగతి మీరు మరచి ఉండరు. అలా ఎందుకు జరిగినదీ జూల్స్ వెర్న్ సరిగానే వివరించాడు. శూన్యంలో గురుత్వాకర్షణకు గురి అయే అన్ని వస్తువులకూ ఒకే విధమైన త్వరణము (ఏక్సిలరేషన్) ఉంటుంది. అందుచేత శూన్యంలో అన్ని వస్తువులూ

ఒకే వేగంతో పతనమవుతాయి. కనక గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా ప్రాజెక్టయిలుకూ, చచ్చిన కుక్కకూ ఒకే పతన వేగం (సమమైన త్వరణము) ఉంటుంది. ఇంకా సరిగా చెప్పాలంటే, ఆ రెండింటి, ఆరంభవేగమూ గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా ఒకే ప్రమాణంలో తరిగిపోయిందని చెప్పాలి. రెండూ ఒకే వేగంతో కదులుతాయి: అందుకే కుక్క కళేబరం ప్రాజెక్టయిలు ననుసరించి పోతుంది.

జూల్స్ వెర్న్ ఏమారినది ఇది: బయటికి నెట్టిన తరవాత భూమిమీద పడిపోని కుక్క కళేబరం ప్రాజెక్టయిలు లోపల ఉండగా మట్టుకు ఎందుకు పడాలి? రెండు సందర్భాలలోనూ ఒకే శక్తులు పని చేస్తున్నాయి గద: ప్రాజెక్టయిలు వేగమూ, కుక్క కళేబరం వేగమూ ఒకటే గనక, దానిని ప్రాజెక్టయిలు లోపల గాలిలో ఎక్కడ ఉంచితే అక్కడే ఉండిపోవాలి; ప్రాజెక్టయిలు దృష్ట్యా దానికి చలనం లేదు.

కుక్క కళేబరానికి వర్తించేది ప్రయాణీకులకూ, ప్రాజెక్టయిలులోని ఇతర వస్తువులకు వర్తిస్తుంది; అవి కక్ష్య వెంబడి ప్రాజెక్టయిలు వేగంతోనే పోతూ ఉండడంచేత, నిలబడడానికి కూర్చోవడానికీ, పడుకోడానికీ ఆధారం లేకపోయినా అవి పడరాదు. ఒక కుర్చీని తీసుకుని తల కిందులు చేసి పైకెత్తి కప్పుమీద వుంచవచ్చు. అది ఆ కప్పుతోబాటే పోతున్నది కనక ''కింద'' పడదు. యీ కుర్చీమీద ఎవరైనా తలకిందులుగా కూర్చున్నప్పటికీ పడిపోరు. పడేలాగు చెయ్యడానికి ఏమున్నదని? ఆ మనిషి పడినా కిందికి వాలినా దాని అర్థం మనిషి వేగంకన్న ప్రాజెక్టయిలు వేగం ఎక్కువ అనే, లేకపోతే కుర్చీ పడడం గాని, కిందికి వాలడం గాని జరగదు. అయితే ఇది అసంభవం; ప్రాజెక్టయిలుకుండే త్వరణమే అందులోని ప్రతి వస్తువుకూ ఉన్నదని మనకు తెలుసు.

యీ సంగతి పరిగణించడం జూల్స్ వెర్న్ విస్మరించాడు. ప్రాజెక్టయిలు అంతరిక్షంలో ఉన్నప్పుడు కూడా అందులోని ప్రతి వస్తువూ కింది భాగంమీద ఒత్తిడి కలిగిస్తూ ఉంటుందనుకున్నాడు. ఆధారం నిశ్చలంగా ఉన్నప్పుడు మాత్రమే దాని పైన వున్న భారం ఒత్తిడి కలిగించుతుందన్న విషయం మరచాడు. కాని రెండూ అంతరిక్షంలో ఒకే వేగంతో పరుగెత్తి పోతున్నప్పుడు భారమూ ఆధారమూ ఒకదానిపై ఒకటి ఏమాత్రమూ ఒత్తిడి కలిగించలేవు.

కనుక ప్రాజెక్టయిలు స్వయంవేగంతో ముందుకు సాగినప్పుడు దానిలోని ప్రయాణీకులు పూర్తిగా తమ భారాన్ని పోగొట్టుకుని యితర వస్తువులలాగే భారరహితులయారు. దీని నిబట్టి వారికి తామింకా ఫిరంగిలో వున్నదీ అంతరిక్షంలో పోతున్నదీ తెలిసి వుండాలి. అయితే ప్రాజెక్టయిలు బయలుదేరిన తరువాత మొదటి అరగంట సేపు ప్రయాణీకులకు యెంత ప్రయత్నించినా తాము కదులుతున్నదీ లేనిదీ తెలియరాలేదని జూల్స్ వెర్న్ అంటాడు.

'' 'నికాల్, మనం కదులుతున్నామా?'

"నికాల్, బార్బికేన్ ఒకరినొకరు చూసుకున్నారు. వారికింకా ప్రొజెక్టయిలు డోలనాలు తెలియలేదు.

" 'నిజానికి మనం కదులుతున్నామా లేదా?' అని మైకేల్ ఆర్డన్ మళ్లీ అడిగాడు.

" 'లేక ఫ్లారిడా గడ్డమీదే నిశ్చలంగా ఉండిపోయామా?' అన్నాడు నికాల్.

" 'లేక మెక్సికో అఖాతం అడుగున వున్నామా?' అని మైకేల్ ఆర్డన్ జోడించాడు."

ఇవి స్టీములాంచీ ప్రయాణీకులకు రావలసిన అనుమానాలు. అంతరిక్ష ప్రయాణికుడికి యివి అసంభవం. ఎందుకంటే అతడు భారరాహిత్యం గమనించకుండా వుండలేడు. స్టీము లాంచీలో వెళ్లేవారికి బరువు వుంటుంది.

జూల్స్ వెర్న్ సృష్టించిన ప్రొజెక్టయిలు విద్భూరమైనదై వుండాలి. అదొక చిన్న ప్రపంచం. అక్కడ ఏ వస్తువుకూ బరువుండదు. అన్నీ గాలిలో తేలి ఎక్కడయినా వుండగలవు. ఎలా వుంచినా తమ "స్థిరతను" ఉంచుకోగలవు. నీళ్ల బుడ్డీని తలకిందులుగా వంచినా నీరు బయటికి రాదు. భావనా పటిమకు అంతులేని అవకాశాలు కల్పించే ఇలాటి సందర్భాన్ని జూల్స్ వెర్న్ జార విడవడం శోచనీయం!*

తప్పుడు కాటాతో సరి అయిన తూకం

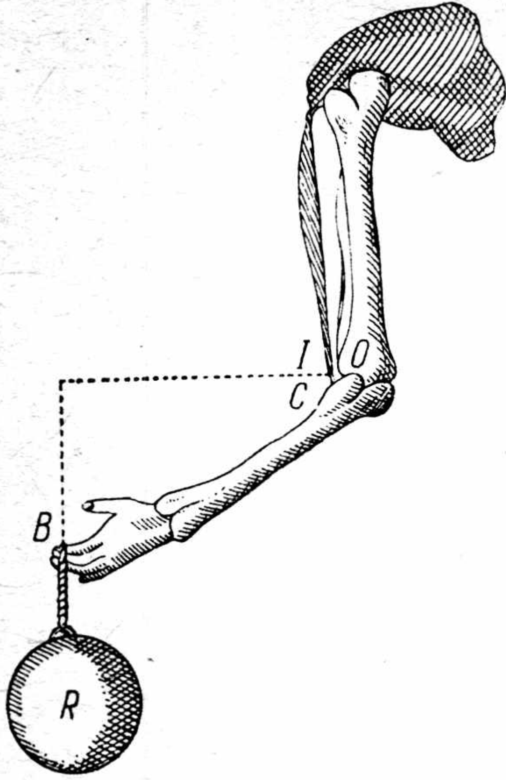
నిర్దుష్టమైన తూకానికి ఏది ముఖ్యం — కాటావా? తూకపు రాళ్లా?

రెండూ సమంగా అవసరమే అని అనుకోకండి. సరి అయిన తూకపు రాళ్లుంటే తప్పుడు కాటాతో కూడా సరి అయిన తూకం తూచవచ్చు. అందుకుగాను అనుసరించే విధానాలలో రెండింటిని చర్చిద్దాం.

ఒకటి దీమ్రితి మెండెలేయెవ్ — సుప్రసిద్ధ రష్యన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త — సూచించినది. త్రాసుయొక్క ఒక పళ్లెంలో తూచవలసిన వస్తువుకన్న బరువైనది ఏ వస్తువైనా సరే ఉంచాలి. దానితో సరితూగేలాగ రెండవ పళ్లెంలో తూకపు రాళ్లు వేయాలి. తరువాత తూచదలచిన వస్తువును తూకపు రాళ్లున్న పళ్లెంలోనే ఉంచి తూకం సరిపోయేదాకా తూకపు

---

* అద్భుతమైన భారరాహిత్య స్థితిని అనుభవించిన మొదటి మానవులు — సోవియట్ అంతరిక్షయాత్రికులు. అంతరిక్షయాత్రికులు తమ చేతులనుంచి వదిలిపెట్టిన వస్తువులు గాలిలో ఎలా తేలేవీ, వారు కేబినులోను, నౌకతో సహా దాని పక్కనే ఎలా ఎగిరినదీ వారి యానాలను గమనించిన లక్షలాది టెలివిజను ప్రేక్షకులు తమ టెలివిజను తెరలమీద చూడగలిగారు. —సం.



చిత్రం 27. ముంజేయి C తులాదండంగా పని చేస్తుంది. I వద్ద శక్తి ప్రయోగిత మవుతుంది. O అనే ఆధారంమీద, R అనే బరువు B నుంచి పైకి ఎత్తబడుతుంది. IOతో పోల్చితే BO ఉజ్జాయింపున 8 రెట్లు ఎక్కువ. (యీ చిత్రం 17 శతాబ్దికి చెందిన ఫ్లోరెన్స్ పండితుడు బోరెల్లి రచించిన ప్రాచీన గ్రంథంలోది. శరీరశాస్త్ర ధర్మాలకు మెకానిక్సు సూత్రాలు అన్వయింప జేసిన మొదటివాడు — బోరెల్లి).

రాళ్లు తీసేయాలి. వస్తువు బరువు తీసివేసిన తూకపు రాళ్ల బరువుకు సమానం: వస్తువు ఒకే పళ్లెంలో బరువుల స్థానంలో వచ్చింది. కాబట్టి దాని బరువు, వాటి బరువు — సమానం.

ఈ పద్ధతి "స్థిర భారవిధానం" అంటారు. అనేక వస్తువులను ఒకదాని తరువాత ఒకటిగా తూచవలసి వచ్చినప్పుడీ పద్ధతి అనుకూలంగా ఉంటుంది. మొట్ట మొదటి పడికట్టు అన్ని వస్తువులు తూచడానికీ పనికి వస్తుంది.

రెండవది "బోర్డా పద్ధతి." అదే పేరు గల శాస్త్రజ్ఞుడు సూచించినది. ఆ పద్ధతి ఈవిధంగా ఉంటుంది:

తూచవలసిన వస్తువును ఒక పళ్లెంలో ఉంచి రెండో పళ్లెంలో దానితో తులతూగే ఇసుక గాని, సీసపు గుళ్లు గాని ఉంచాలి. ఈ ఇసుకను ఇలాగే ఉండనిచ్చి మొదటి పళ్లెంలోని వస్తువును తీసివేసి తూకపు రాళ్లు వేసి మళ్లీ తూకం సరిచెయ్యాలి. ఆ తూకపు రాళ్లు వస్తువుయొక్క సరి అయిన బరువును సూచిస్తాయి. ఈ పద్ధతిని "బదలాయింపు తూకం" అంటారు.

ఒకే పళ్లెం గల స్ప్రింగు త్రాసుతో కూడా ఈ సులువైన పద్ధతితో తూకం వెయ్యవచ్చు; కాని తూకపు రాళ్లు సరి అయినవిగా ఉండాలి. ఈ సందర్భములో ఇసుక గాని, సీసపు గుళ్లు గాని అవసరం లేదు. పళ్లెంలో వస్తువు పెట్టి ముల్లు ఎక్కడికి వచ్చినదీ చూడాలి. తరువాత వస్తువును తీసేసి ఏఏ తూకపు రాళ్లు వేస్తే ముల్లు మళ్లీ అక్కడికే వస్తుందో చూడాలి. ఆ తూకపు రాళ్ల మొత్తం బరువే వస్తువు బరువు.

నీ బలం నీకే తెలీదు

ఒక్క చేత్తో ఎంత బరువెత్తగలవు? 10 కిలోగ్రాములనుకుందాం. ఇదేనా నీ చేతి కండరాలకు గల శక్తి? ఎంతమాత్రమూ కాదు. కండరములు చాలా బలమైనవి! ద్విశిరస్క అనబడే చేతి కండరము ఎలా పని చేసేది చిత్రం 27లో చూపి ఉన్నది. తులాదండంగా పని చేసే ముంజేయి ఎముకకు ఒక చివర భారముంటుంది. ఆ తులాదండమునకు ఆధారము చేతికీలు. కండరం ఆధారానికి చాలా దగ్గిరలో ఎముకకు అంటుకుని ఉన్నది. బరువుకూ ఆధారానికీ మధ్యగల దూరం కండరపు కొసకూ ఆధారానికీ మధ్యగల దూరంకంటె దాదాపు ఎనిమిదింతలున్నది. దీనికి అర్థమేమంటే నీవు 10 కిలోగ్రాముల బరువు ఎత్తినప్పుడు నీ ద్విశిరస్క కండరం ఎనిమిదింతల బరువు ఎత్తినంత శక్తిని ప్రదర్శిస్తుందన్నమాట. అందుచేత అది 80 కిలోగ్రాముల బరువు ఎత్తగలదు. ప్రతి ఒక్కడూ తనకున్న బలంకంటె చాలా హెచ్చు బలం కలవాడేనంటే అది అతిశయోక్తి కాదు. ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే మన కండరాలు మనం వినియోగించేదానికంటె చాలా హెచ్చు శక్తిగలవి.

ఇదేమైనా ప్రయోజనకరమైన ఏర్పాటేనా? చప్పున ఆలోచిస్తే ఎంతమాత్రమూ కాదనిపించవచ్చు. ఏవిధంగానూ లాభం కలిగించని శక్తి నష్టం కలుగుతున్నది. కాని మెకానిక్సు చెప్పే పడికట్టులాటి సూత్రం జ్ఞాపకం తెచ్చుకోండి: శక్తిలో కలిగే నష్టం కదలికలో కలిసి వస్తుంది. యీ సందర్భంలో మనకు వేగం కలిసి వస్తుంది. మన కండరాలు కదిలేదానికి 8 రెట్లు వేగంతో చేతులు కదులుతాయి. జంతువులలో కండరాల ఏర్పాటు వాటి అంగాలు వేగంగా కదలడానికి అనుకూలంగా ఉంటుంది. వాటి మనుగడకు బలంకన్న వేగం ప్రధానం. ఇలాటి ఏర్పాటు లేకపోతే మనం కూడా నత్తలలాగే కదులుతూ ఉండేవాళ్లం.

వాడి మొనగల వస్తువులెందుకు గుచ్చుకుంటాయి?

సూది వస్తువులలోకి సులువుగా ఎందుకు దిగబడుతుందని మీరెన్నడన్నా ఆలోచించారా? గుడ్డలో గాని, అట్టలో గాని సూదిని గుచ్చడం ఎందుకు తేలిక, మొండి మొనగల మేకును గుచ్చడం ఎందుకు కష్టం? రెంటికీ ఒకే శక్తిని వుపయోగిస్తాం గద?

శక్తి ఒకటే అయినా పీడనం ఒకటి కాదు. సూదిని గుచ్చేటప్పుడు శక్తి యావత్తూ సూక్ష్మమైన దాని మొనపైకి పడుతుంది. మేకును గుచ్చేటప్పుడు అదే శక్తి దాని మొండి మొన అంతటా విస్తరిస్తుంది. అందుచేత మనం ఒకే శక్తితో గుచ్చినప్పటికీ మేకుకన్న సూది హెచ్చు పీడనం కలిగిస్తుంది.

ఇరవై క్రరులు గల నొల్ల, అదే బరువు గల అరవై క్రరులు గల నొల్లకంటె భూమిని

లోతుగా దున్నుతుందని మనకు తెలుసు. ఎందుచేత? మొదటి నొల్లయొక్క క్రులలో ప్రతి ఒకదానిపైనా హెచ్చు భారం ఉంటుంది, రెండవదానిలో తక్కువ ఉంటుంది.

పీడనం గురించి చెప్పుకునేటప్పుడు మనం శక్తిని మాత్రమే గాక అది ప్రయోగించే విస్తీర్ణాన్ని కూడా పరిగణించాలి. ఒక పనివాడు వెయ్యి రూబుళ్లు సంపాదిస్తాడంటే, అది నెల జీతమో, ఏడాది జీతమో తెలియదు గనక, ఆ సంపాదన ఎక్కువో తక్కువో మనకు తెలీదు. అదే విధంగా శక్తియొక్క ఫలితం, అది చదరపు సెంటిమీటరుపై ప్రయోగించ బడుతుందా, చదరపు మిల్లిమీటరులో నూరో వంతు భాగంమీద కేంద్రీకృతమ వుతుందా అన్న దానిపై ఆధారపడుతుంది. కొత్తగా పడిన మంచుమీద మనం స్కీలు ధరించి సులువుగా వెళ్లవచ్చు, అవి లేకపోతే మంచులో దిగబడిపోతాం. ఎందుచేత? స్కీలు ధరించినప్పుడు మన బరువు హెచ్చు వైశాల్యంమీద పడుతుంది. స్కీల వైశాల్యం మన అరికాళ్ల వైశాల్యానికి 20 రెట్లుంటుందనుకుందాం. అప్పుడు స్కీలతో మనం మంచు మీద కలిగించే పీడనం, ఉత్త కాళ్లతో కలిగించే పీడనంలో 20వ వంతు మాత్రమే ఉంటుంది. కనుకనే స్కీలు ధరించినప్పుడు మంచు మనను భరించగలుగుతుంది, అవి లేకపోతే మనం దిగబడిపోతాం.

ఇందుకే చిత్తడి భూములలో ఉపయోగించే గుర్రాలకు మరొక విధమైన నాడాలు వేస్తారు. వాటి మూలంగా గుర్రాల బరువు ఎక్కువ విస్తీర్ణంగల జాగాపై పడి, ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరుపైన ఉండే పీడనం తగ్గుతుంది. ఊబిమీదనుంచి వెళ్లవలసి వచ్చినప్పుడు మనుషులు కూడా ఇలాగే చేస్తారు.

పలచని మంచు పొరమీదినుంచిగాని వెళ్లవలసి వచ్చినప్పుడు పాకుతూ వెళ్తారు. అందువల్ల వారి శరీరాల బరువు హెచ్చు ప్రదేశంమీద విస్తరిస్తుంది.

టాంకులూ, కేటర్‌పిల్లర్ ట్రాక్టర్లూ హెచ్చు బరువుగలవి అయినప్పటికీ వదులు నేలలో దిగబడవు; ఎందుకంటే బరువు హెచ్చు వైశాల్యంమీద పడుతుంది. 8 టన్నుల బరువుగల ట్రాక్టరు కలిగించే పీడనం చదరపు సెంటిమీటరుకు 600 గ్రాములు మాత్రమే ఉంటుంది. రెండు టన్నుల బరువుండి కూడా చ.సెం.మీ.కు 160 గ్రాముల పీడనం మాత్రమే కలిగించే కేటర్‌పిల్లర్‌లున్నాయి. వాటితో బురద నేలలూ, ఇసుక నేలలూ దాటవచ్చును.

ఈ సందర్భంలో ఆధారాన్ని వహించే ప్రదేశంయొక్క విస్తీర్ణం హెచ్చుగా ఉండడం, సూది విషయంలో నున్న తక్కువ వైశాల్యంలాగే టెక్నికలుగా లాభకరమైనది.

దీనినిబట్టి పదునైన అంచులు కొద్ది మేరపై శక్తి అంతా కేంద్రీకృతం కావడంచేత అవి సులువుగా గుచ్చుకుంటాయని స్పష్టమవుతుంది.

అందుకే మొద్దుకత్తికన్న పదునైన కత్తి బాగా "తెగుతుంది": కొద్ది విస్తీర్ణంగల దాని అంచుపై శక్తి కేంద్రీకృతమవుతుంది.

సారాంశం: పదునైన వస్తువులు బాగా గుచ్చుకుంటాయి, కోస్తాయి. ఎందుకంటే శక్తి యావత్తూ వాటి మొనలపైన, అంచులపైన కేంద్రీకృతమవుతుంది.

సౌఖ్యమైన రాతిపరుపు

రెండూ కొయ్యలే అయినప్పటికీ, బల్లపరుపుగా వుండే స్టూలుపైన కూర్చున్న దానికన్న కుర్చీలో కూర్చుంటే ఎందుకు ఎక్కువ సుఖంగా వుంటుంది? నులక మంచాన్ని నేసే తాళ్లు మెత్తగా ఉండనప్పటికీ ఆ మంచంలో పడుకుంటే ఎందుకు సుఖంగా ఉంటుంది?

కారణం మీరు ఊహించేవుంటారనుకుంటాను. స్టూలు పైభాగం బల్లపరుపుగా ఉంటుంది. దానిపైన కూర్చుంటే మన బరువంతా కొద్ది జాగాపైన పడుతుంది. కుర్చీలు సాధారణంగా కొంచెం గుంటగా ఉంటాయి. అందుచేత మన శరీరం హెచ్చుగా అని మన బరువు ఎక్కువ వైశాల్యంమీద పడుతుంది. ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరు ఆవరణపైన తక్కువ బరువు, తక్కువ పీడనం ఉంటుంది.

అందులో ఉన్న కిటుకు పీడనాన్ని ఎక్కువ ప్రాంతంమీద సమంగా పంచడమే. మెత్తని పరుపుపైన మన శరీరభాగాలన్నిటికి అనుగుణంగా గుంటలు పడతాయి. పీడనం అంతటా సమంగా విస్తరించుకుంటుంది. అది చదరపు సెంటిమీటరుకు కొద్ది గ్రాములు మాత్రమే ఉంటుంది. అందుకే మనకు సుఖంగా వుంటుంది.

పీడనంలో వ్యత్యాసాన్ని ఈ దిగువ లెక్క స్పష్టంచేస్తుంది. ఎదిగిన మనిషియొక్క శరీర వైశాల్యం సుమారు రెండు చదరపు మీటర్లు లేక 20,000 చ.సెం.మీ. పక్కమీద ఇందులో ఉజ్జాయింపుగా నాలుగో వంతు – 0.5 చ.మీ. లేక 5,000 చ.సెం.మీ. అవుతుంది. మనిషి బరువు సుమారు 60 కిలోగ్రాములు, లేక 60,000 గ్రాములనుకున్నట్లయితే, శరీరం కలిగించే పీడనం చ.సెం.మీ.కు 12 గ్రాములు మాత్రమే. కొయ్యపలకమీద పడుకుంటే బరువు పడే జాగా వంద (100) చ.సెం.మీ. మాత్రమే ఉంటుంది. కొద్ది శరీరభాగములే పలకకు ఆనుతాయి. ఇప్పుడు పీడనం 12 గ్రాములుండడానికి మారుగా $^1/_2$ కిలోగ్రాము ఉంటుంది. పెద్ద తేడా గద? మనకు వెంటనే తెలుస్తుంది కూడాను.

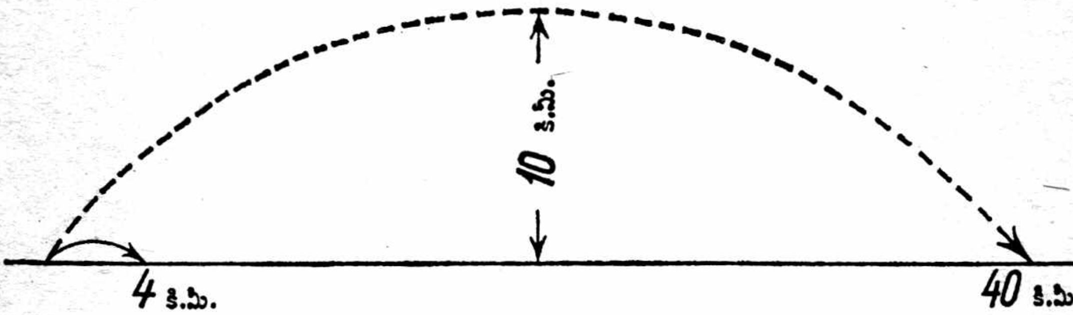
అయితే మన బరువు అంతటా సమంగా పడినట్లయితే ఎంత కఠినమయిన పక్క అయినా హంసతూలికాతల్పంలా వుంటుంది. రేగడిమట్టి తడిగా ఉండగా దానిపై మీ శరీరం ముద్రవేశారనుకోండి. అది ఎండి బిగుసుకుపోయినాక మళ్లీ అక్కడే పడుకుంటే తూలికాతల్పంమీద పడుకున్నంత సుఖంగా ఉంటుంది. (రేగడిమట్టి ఎండేటప్పుడు 5నుంచి 10దాకా శాతం సంకోచం పొందుతుంది, అయితే మనం దానిని పరిగణించవద్దు.) మీరు పడుకున్నది రాయిలాటి పక్కమీదే అయినప్పటికీ, మీ బరువు హెచ్చు విస్తీర్ణంమీద విస్తరించడంవల్ల, పక్క మెత్తగా ఉన్నట్టు తోస్తుంది.

మూడవ అధ్యాయం

వాయు నిరోధం

తుపాకి గుండూ, గాలీ

తుపాకి గుండు గమనాన్ని గాలి నిరోధిస్తుందని ప్రతి విద్యార్థికి తెలుసు. అయితే ఆ నిరోధం ఎంత హెచ్చుగా ఉండేది చాలామందికి తెలియదు. మనకు సాధారణంగా తెలియరాని గాలియొక్క మృదువైన తాకిడి అతి వేగంగా వెళ్లే బులెట్‌ను ఏమంతగా నిరోధించలేదని చాలామంది నమ్మకం.



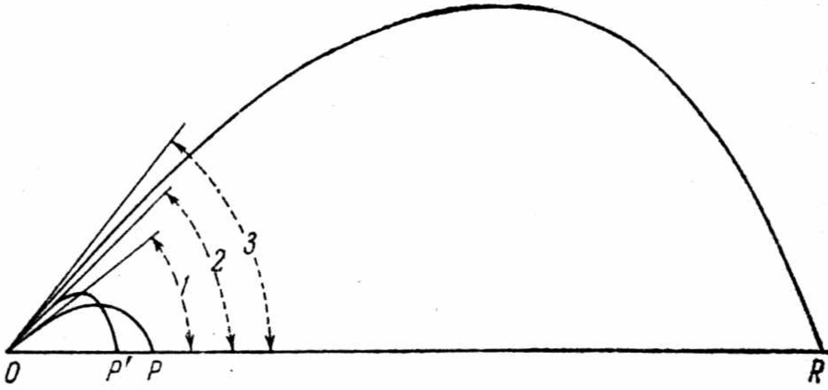
చిత్రం 28. గాలిలోనూ, వాక్యూమ్‌లోనూ తుపాకి గుండు గమనం. పెద్ద వంపుగీత వాతావరణం లేకపోతే దాని మార్గం ఎలా ఉండేదీ చూపిస్తుంది. ఎడమ పక్కన ఉన్న చిన్న వంపుగీత వాస్తవ మార్గాన్ని సూచిస్తుంది.

అయితే చిత్రం 28 కేసి ఒక్క సారి శ్రద్ధగా చూసినట్టయితే బులెట్ గమనానికి గాలి గొప్ప అవరోధమేనని స్పష్టమవుతుంది. గాలే లేకపోతే బులెట్ మార్గం ఎలా వుండేదీ పెద్ద వంపుగీత చూపిస్తుంది. 45 డిగ్రీల ఏటవాలులో ఉన్న తుపాకినుంచి పేల్చిన బులెట్ సెకండుకు 620 మీటర్ల ఆరంభవేగంతో బయలుదేరి, 10 కిలోమీటర్ల ఎత్తు అందుకుని, దాదాపు 40 కిలోమీటర్ల దూరాన నేలను తాకుతుంది — గాలి నిరోధించనట్టయితే —

కాని వాస్తవంలో అది 4 కి.మీ. మాత్రమే పోతుంది. దాని గమనాన్ని సూచించే వంపు గీత పెద్ద వంపుగీత ప్రక్కన సరిగా కనిపించను కూడా కనిపించదు. వాయు నిరోధం ఇంత పనిచేస్తుంది.

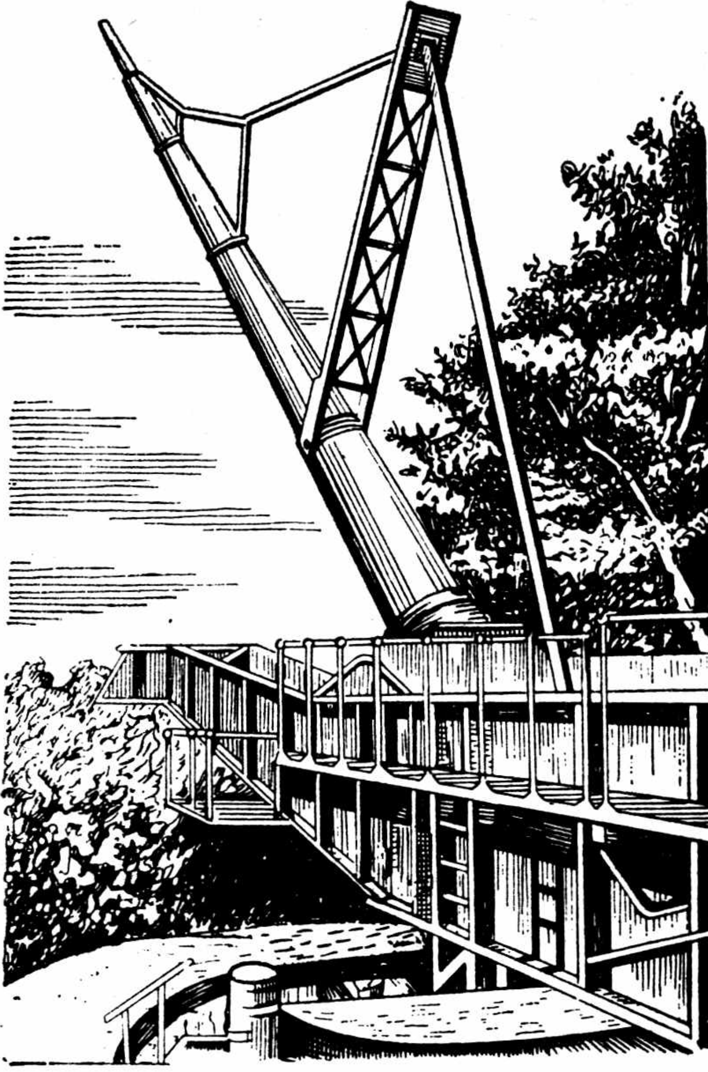
బిగ్ బెర్తా

1918లో మొదటి ప్రపంచ యుద్ధం అంతమయే సమయంలో ఫ్రెంచి, బ్రిటిష్ విమానాలు జర్మన్ విమానదాడులను నిలిపివేసిన సమయంలో మొట్టమొదటి సారిగా జర్మనులు నూరు కిలోమీటర్లకు పైబడిన దూరంనుంచి శతఘ్నులు పేల్చి "బోంబార్డ్" చెయ్యడం అభ్యసించారు. యుద్ధరంగానికి కనీసం 110 కిలోమీటర్ల దూరాన ఉన్న ఫ్రెంచి రాజధానిని ఫిరంగి షెల్లులతో కొట్టే సరికొత్త విధానం జర్మనులకు తలవనితలంపుగా దొరికింది. పెద్ద ఫిరంగిని విశాల కోణంలో పైకెత్తి పేల్చేసరికి, 20 కిలోమీటర్ల దూరాన పడే షెల్లులు



చిత్రం 29. ఫిరంగి వాలు మారినప్పుడు దాని "రేంజి" కూడా మారుతుంది. కోణం 1లో ఉన్నప్పుడు లక్ష్యం P వద్ద ఉంటుంది, కోణం 2లో P' వద్ద ఉంటుంది. కాని కోణం 3లో ఉన్నప్పుడు ప్రాజెక్టయిలు పలచని గాలి పొరలలో ప్రయాణించడంచేత అది చాలా దూరాన వెళ్లి పడుతుంది.

40 కి.మీ. దూరాన పడ్డాయి. ఫిరంగిని బాగా పైకెత్తి పేల్చినప్పుడు, షెల్ ఆరంభవేగం హెచ్చుగా ఉన్నట్టయితే అది గాలిలో చాలా ఎత్తుకుపోయి, అక్కడ గాలి పొరలు సాంద్రంగా ఉండవు గనక, భూమికేసి దిగి పడిపోయేలోగా అది చాలా దూరం ప్రయాణిస్తుంది. ఫిరంగిని వేరువేరు కోణాలలో ఉంచి పేల్చినప్పుడు షెల్ వెళ్లే మార్గాలు చిత్రం 29లో విధంగా ఉంటాయి.



చిత్రం 30. బిగ్ బెర్తా.

ఈ సూత్రంమీదనే జర్మన్లు, పారిస్ నగరాన్ని 115 కిలోమీటర్ల దూరంనుంచి బాంబార్డు చేయగల దూరగామి ఫిరంగిని తయారుచేశారు. 'బిగ్ బెర్తా' అలా తయారుచేసిన ఫిరంగి. 1918 వేసవిలో అది పారిస్‌పైన 300కు పైగా షెల్లులు ప్రయోగించింది.

'బిగ్ బెర్తా' బ్రహ్మాండమైన ఫిరంగి. దానికి 34 మీటర్ల నిడివీ, 1 మీటరు మందమూ గల ఉక్కుగొట్టం ఉండినట్టు దరిమిలా తెలియవచ్చింది. దాని కొసన గోడల మందం 40 సెంటీమీటర్లు. ఫిరంగి బరువు 750 టన్నులు. 120 కిలోగ్రాముల బరువుగల దాని షెల్లులు ఒక మీటరు నిడివీ, 21 సెంటీమీటర్ల మందమూ ఉండేవి. ప్రతి పేలుడుకూ 150 కిలోగ్రాముల తుపాకీమందు దట్టించేవారు. పేలుడుశక్తి వాయు పీడనానికి 5,000

రెట్టుండేది. సెకండుకు 2,000 మీటర్ల ఆరంభవేగంతో షెల్ కదిలేది. ఫిరంగిని 52 డిగ్రీల వాలులో ఉంచేవారు. షెల్ బ్రహ్మాండమైన వలయంలో ఆకాశంలోకి 40 కిలోమీటర్ల ఎత్తుకు లేచేది. షెల్ పారిస్ చేరడానికి మూడున్నర నిమిషాలు పట్టేది (115 కిలోమీటర్ల దూరం). అది స్తారావరణము (స్ట్రాటోస్ఫియర్)లో రెండు నిమిషాలు ప్రయాణించేది.

చరిత్రలో మొట్టమొదటి దూరగామి ఫిరంగి 'బిగ్ బెర్తా.' దాని అడుగు జాడలలో ఈనాటి "లాంగ్ రేంజ్ ఆర్టిలరీ" వచ్చింది.

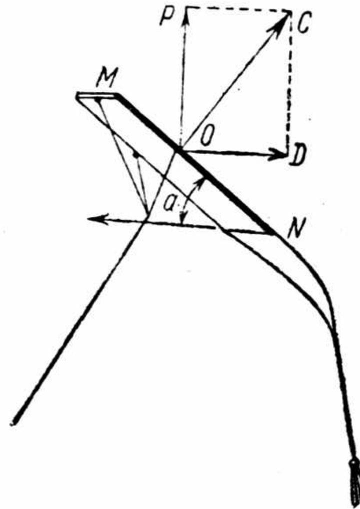
ఒక్క విషయం చెప్పాలి — బులెట్, లేక షెల్‌యొక్క ఆరంభవేగం ఎంత హెచ్చుగా ఉంటే వాయు నిరోధం అంత హెచ్చుగా ఉంటుంది. వాయు నిరోధం ఆరంభవేగముతో సమసంబంధ సామ్యములో గాక ఆ వేగముయొక్క ద్వితీయ, తృతీయ మొదలగు ఘాతములతో సమసంబంధ సామ్యములో పెరుగుతుంది.

గాలిపటం ఎందుకు ఎగురుతుంది?

దారం పట్టుకుని ముందుకు లాగినప్పుడు గాలిపటం ఎందుకు పైకి ఎగురుతుందో మీకు తెలుసా?

అది తెలిస్తే విమానాలు ఎందుకు ఎగురుతాయో, జిల్లేడు విత్తులెందుకు ఎగురుతాయో, కూడా తెలుస్తుంది. బూమరాంగ్‌యొక్క విచిత్ర గమనం కూడా కొంతవరకు మీరు అర్థం చేసుకోగలుగుతారు. [ఆస్ట్రేలియాలోని ఆదిమవాసులు ఉపయోగించే బూమరాంగ్ అనే ఆయుధం పలచని కొయ్యతో చేస్తారు. అందులో ఒక వంపు ఉంటుంది. దానిని తిరిగి చేతికి వచ్చేలాగ విసరవచ్చు. — అను.] పై వాటన్నిటికీ సంబంధం ఉన్నది: బులెట్లకూ, షెల్లులకూ గొప్ప అవరోధంగా ఉండే గాలే, తేలికయిన జిల్లేడు విత్తులను తేలేటట్టూ, బరువైన విమానాలని సైతం ఎగిరేట్టు చేస్తుంది.

గాలిపటం ఎందుకెగురుతుందో మీకు తెలియక పోతే చిత్రం 31 చూస్తే సులువుగా తెలిసిపోతుంది. *MN* అనేది గాలిపటంయొక్క మధ్యచ్ఛేదం. గాలిపటాన్ని ఎగరేసేటప్పుడు దాని దారాన్ని పట్టుకొని లాగుతాం. బరువైన తోక ఉండడంచేత అది భూమికి ఒక కోణంలో



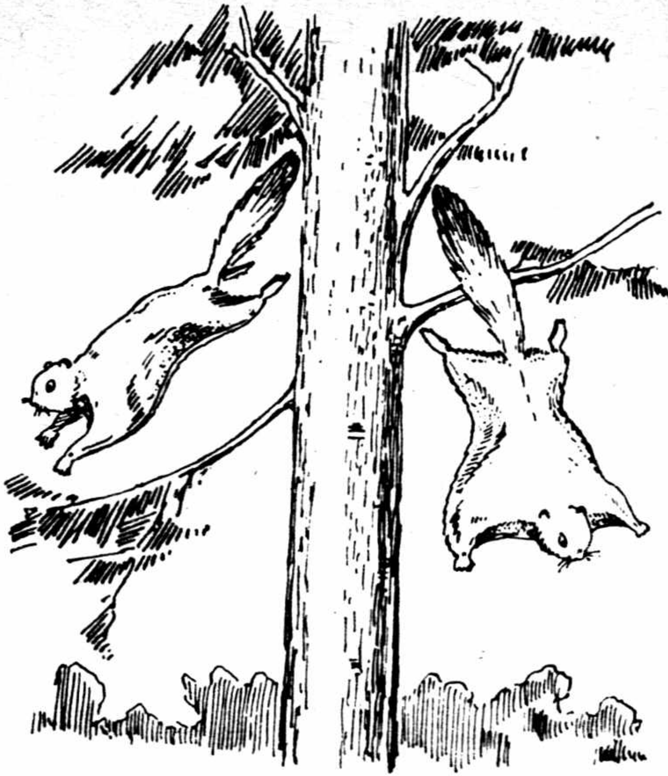
చిత్రం 31. గాలిపటాన్ని ఎగరవేసే శక్తులు.

కదులుతుంది. ఈ కోణం a అనీ, గాలిపటం కుడినుంచి ఎడమకు కదులుతుందనీ అనుకుందాం (బాణం గుర్తు చూడండి). ఇప్పుడు గాలిపటంమీద పని చేసే శక్తులను పరిశీలించుదాం. సహజంగా గాలి ఒత్తిడి కొంత ఉండి గాలిపటానికి అవరోధం కలిగిస్తుంది గద. ఈ గాలి ఒత్తిడియొక్క దిశా, ప్రమాణమూ చిత్రంలో OC చూపుతున్నది. గాలి ఒత్తిడి ఎప్పుడూ సమతలానికి సమకోణంలో ఉంటుంది కనక, OC, MNకు సమకోణంలో ఉన్నది. శక్తుల సమాంతర చతుర్భుజం అనే దానిని నిర్మించి OC సూచించే శక్తిని 2 శక్తులుగా విభజించవచ్చు. యీ రెండు శక్తులనూ OD, OP సూచిస్తాయి. వీటిలో OD గాలిపటాన్ని వెనక్కు తొయ్యడానికీ OP దానిని పైకి లాగడానికీ ఉపకరిస్తాయి. OD వల్ల గాలిపటం వేగమూ, OP వల్ల దాని బరువూ తగ్గుతాయి. OP తగినంత ప్రమాణంలో ఉన్నట్టయితే గాలిపటం బరువు పూర్తిగా పోయి అది పైకి లేస్తుంది. అందుకే మనం గాలిపటాన్ని ముందుకు లాగితే అది పైకి పోతుంది.

విమానం కూడా నిజానికి గాలిపటమే. అయితే అది పైకి పోవడానికి అవసరమైన శక్తి దానిని ముందుకు లాగడంద్వారా — అయితే, చేతితో కాక, ప్రొపెల్లరుద్వారాను జెట్ ఇంజనుద్వారాను — కలుగుతుంది. యీ వివరణ చాలా అసమగ్రమయినది. విమానం ఎగరడానికింకా అనేక అంశాలున్నాయి. అవి ''నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం'' రెండవ భాగంలో ''అలలు, సుడులు'' అనే శీర్షిక కింద వివరించబడ్డాయి.

ప్రాణంగల గ్లైడర్లు

అందరు అనుకున్నట్టు విమానాలు పక్షుల ననుసరించి వుండవు. అవి ఎగిరే ఉడతలను, ఎగిరే చేపలను పోలి వుంటాయి. ఆ ఉడతలూ, ఆ చేపలూ తమ ప్రత్యేక అంగభాగాలను ఎగరడానికి ఉపయోగించలేవు. హెచ్చు దూరం దూకడానికి — వైమానికుల పరిభాషలో ''గ్లైడు'' చెయ్యడానికి — మాత్రమే ఉపయోగించగలుగుతాయి. OP (చిత్రం 31) వాటి బరువును తగ్గించగలదే గాని, రద్దుచేయలేదు; బరువు తగ్గటంవల్ల అవి ఒక ఎత్తయిన ప్రదేశంనుంచి దూకి చాలా దూరాన వాలగలుగుతాయి (చిత్రం 32). ఎగిరే ఉడత 20–30 మీటర్లు దూకి ఒక చెట్టు పైభాగంనుంచి మరొక చెట్టుయొక్క కింది కొమ్మలమీద వాలగలదు. యీస్టిండీస్‌లోనూ, సిలోనులోనూ పెద్ద సైజు ఎగిరే ఉడతల జాతి వున్నది. ఇది ఎగిరే లీమర్ లేక కగ్వాన్. ఇది పెంపుడు పిల్లి ప్రమాణం కలిగి వుంటుంది. విప్పారిన చర్మపు పొరతో దీని నిడివి అరమీటరుంటుంది. ఇది బరువు గలదైనప్పటికీ ఆ చర్మపు పొర



చిత్రం 32. ఎగిరే ఉడతలు 20 లేక 30 మీటర్ల దూరం దూకగలవు.

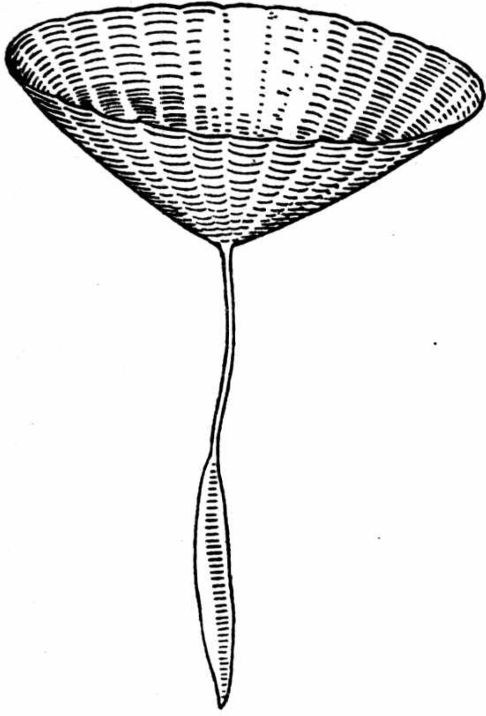
సహాయంతో 50 మీటర్ల దూరం దూకగలదు. సుందా దీవులలోనూ, ఫిలిప్పీనులలోనూ ఉండే ఫెలేంజర్లు 70 మీటర్లు కూడా దూకగలవు.

మోటారు లేకుండా ఎగిరే విత్తులు

చెట్లు తమ జాతి వృద్ధికావటం కోసమై విత్తనాలు ఎగిరే ఏర్పాటు కలిగి ఉంటాయి. చాలా విత్తులకు గొడుగులాటి కుచ్చుగాని, రోమాలు (ఫలశిఖ) కాని ఉంటాయి. డాండి లియనులు, పత్తి వుండలు, "మేక గడ్డాలు," "రెక్కలూ," మొదలైన వాటిలోనూ, కోనిఫర్, మేపిల్, తెల్లబర్చ్, ఎల్మ్, లిండెన్, మొదలైన అనేక జాతులలోనూ ఇదే పద్ధతి వున్నది.

కెర్నర్ ఫన్ మరిలౌమ్ అనే ఆయన రచించిన "మొక్కల జీవితము" (Kerner von Marilaum *Plant Life*) అనే సుప్రసిద్ధ గ్రంథములో యీవిధముగా వున్నది:

"గాలి వీచని వేసవి రోజులలో అసంఖ్యాకమయిన విత్తులు, పండ్లు గాలితెరలతోపాటు పైకి లేస్తాయి. కాని చీకటి పడినాక అవి కొద్ది దూరంలోనే కిందికి దిగి వస్తాయి. విత్తులు



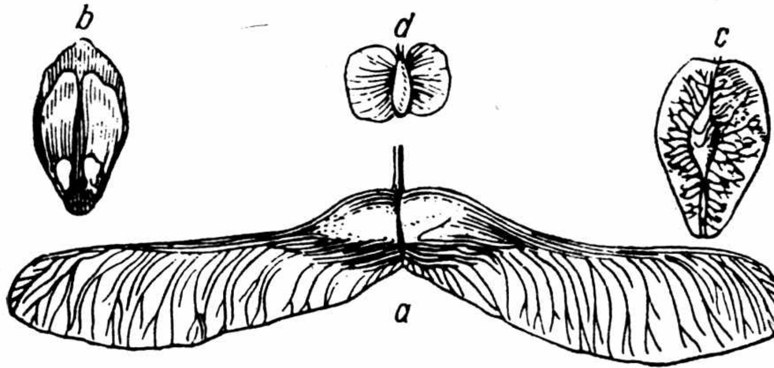
చిత్రం 33. ''మేక గడ్డం'' కాయ.

ఎగరడంలో గల ముఖ్య ప్రయోజనం దూరం విస్తరించడంకాదు, ఎత్తుగా వుండే ప్రదేశాలలోనూ, గుట్టలమీదా ఉండే దర్రెలను చేరుకోవటం. ఆ ప్రదేశాలు చేరడానికి మరొక మార్గం వుండదు. యీ లోపల గాలి క్షితిజ సమాంతరంగా వీచినట్టయితే యీ విత్తులూ, పండ్లూ దూరం పోవడం కూడా జరుగుతుంది.

''కొన్ని విత్తనాలకు గాలిగుమ్మటాలు, రెక్కలు అవి ఎగురుతున్నంత సేపే వుంటాయి. 'తిసిల్' అనే ముండ్లచెట్ల విత్తనాలు గాలిలో తేలుతూ వుండి, వాటికి ఏదైనా తగలగానే గాలిగుమ్మటాలను రాల్చేసి నేలపై పడిపోతాయి. అందుచేత యీ 'తిసిల్' మొక్కలు గోడల వార, కంచెల వార జాస్తిగా కనిపిస్తాయి. అయితే కొన్ని రకాల విత్తనాలకు గాలిగుమ్మటాలు శాశ్వతంగా అంటుకుని వుంటాయి.''

ఎగరడానికి సదుపాయాలుగల కొన్ని విత్తులు, పండ్లు చిత్రాలు 33, 34లలో చూపబడ్డాయి.

మనిషి తయారుచేసే గ్లయిడర్లకన్న ప్రకృతి సిద్ధమయిన యీ గ్లయిడర్లు అనేక విధాల మెరుగయినవి. ఇవి తమకన్న చాలారెట్లు హెచ్చు బరువును గాలిలోకి లేపగలవు.



చిత్రం 34. ఎగిరే విత్తులు: (*a*) మేపిల్, (*b*) పైన్, (*c*) ఎల్మ్, (*d*) బర్చ్.

అంతే కాక ఈ ఎగిరే విత్తనానికి తనంతటతానే స్థిమితంగా ఉండే లక్షణం గలదు. భారత దేశపు "జాస్మిన్" విత్తులు ప్రమాదవశాన పక్కకు వరిగినా వాటంతట అవే సరి అవుతాయి. వాటికి ఏదైనా అడ్డం తగిలినప్పుడు చప్పున రాలి పోక నింపాదిగా కిందకు దిగుతాయి.

ఆలస్యంగా తెరుచుకునే గాలిగొడుగులు

(పారాచూటులు)

యీ సందర్భంలో, గాలిగొడుగులలో దూకేవారు ఒక్కొక్కప్పుడు చూపే సాహసం గుర్తుకు వస్తుంది. ఏ పది కిలోమీటర్ల ఎత్తునుంచో వాళ్లు దూకుతారు, కాని చాలా దూరం గాలిలో పడినమీదట గాని "రిప్‌కార్డు" (గాలి గొడుగులను తెరిచే తాడు) లాగి గాలిగొడుగులను తెరువరు. (1963వ సంవత్సరంలో సోవియట్ పారాచూటిస్టులు 25 కి.మీ. ఎత్తునుంచి దూకేరు. — సం.)

వాటిని తెరిచేలోపుగా దూకే అతడు శూన్యంలో పడేటంత వేగముతో పడతాడని చాలా మంది భావిస్తారు. యిదే నిజమయితే "దూకు" యెంతో కాలం పట్టదు; ఆ దూకేవాడు అమిత వేగంతో భూమిని చేరటం జరుగుతుంది.

అయితే వాయు నిరోధంవల్ల వేగవృద్ధి వుండకుండా పోతుంది. దూకే అతని పతన వేగం మొదటి పది సెకండ్లపాటే హెచ్చుతుంది. అతను కొద్ది వందల మీటర్లు పడేసరికల్లా వాయు నిరోధం హెచ్చి వేగవృద్ధిని నిలిపివేస్తుంది. అటుపైన అతను ఒకే వేగంతో పడతాడు.

ఆలస్యంగా గాలిగొడుగులను తెరిచి దూకడంలో ఏమి జరిగేదీ మెకానిక్సు దృష్ట్యా యీవిధంగా వివరించవచ్చు. వేగవృద్ధి దూకే అతని బరువునుబట్టి పన్నెండు సెకండ్లు గాని ఇంకా తక్కువ గాని వుంటుంది. యీ సమయంలో అతను 400–450 మీటర్ల దూరం పతనం అయి సెకండుకు 50 మీటర్ల వేగాన్ని పొందుతాడు. ఆ తరువాత అతని వేగంలో మార్పు వుండదు, రిప్‌కార్డ్ లాగేదాకా అదే వేగంతో పడతాడు.

వాన బొట్లు కూడా యిలాగే పడతాయి. తేడా ఏమిటంటే వాన బొట్టుకు వేగవృద్ధి కలిగేది ఒక సెకండుపాటు మాత్రమే, అందుచేత అది భూమికి చేరే సమయానికి దాని వేగం, బొట్టుయొక్క ప్రమాణాన్నిబట్టి, సెకండుకు 2 మొదలు, 7 మీటర్లదాకా మాత్రమే వుంటుంది.

"బూమరాంగ్"

ఆదిమ మానవుడు సృష్టించిన సాధనాలన్నిటిలోకీ సాంకేతికంగా లోపరహితమయిన యీ నేర్పుతో కూడిన ఆయుధం చాలాకాలంపాటు శాస్త్రజ్ఞులను దిగ్భ్రాంతి చేసింది. బూమరాంగ్ వెళ్లే మార్గం ఎంత గొడవగా వుండేదీ చూస్తే నిజంగానే మతి పోతుంది. (చిత్రం 35).

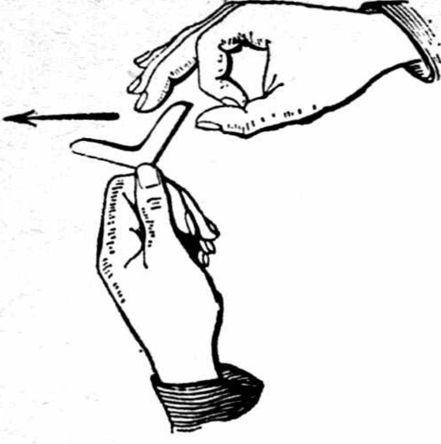
యీనాటికిది వింత విషయం కాదు. బూమరాంగ్ గమనాన్ని వివరించడానికి ఒక బ్రహ్మాండమయిన సిద్ధాంతం కనిపెట్టారు. అది సులువుగా చెప్పేది కాదు. బూమరాంగ్ ప్రయోగంలో వుండే మూడు ప్రధానాంశాలు మాత్రం చెప్తాను: 1) తొలి విసురు; 2) బూమరాంగ్ గుండ్రంగా తిరగటం; 3) గాలి నిరోధం. ఆస్ట్రేలియా ఆదిమ వాసులకు యీ మూడు అంశాలను ఎలా జోడించాలో తెలీడం పుట్టుకతో వచ్చిన విద్య, తన అవసరాన్నిబట్టి వారు దాన్ని ఎంత వాలులో పట్టుకోవాలో, ఎటుగా విసరాలో, ఎంత బలంతో విసరాలో నిర్ణయిస్తారు.

బూమరాంగ్ విసరడంలో మీరు కూడా నేర్పు సంపాదించవచ్చు ఇంటిలో.

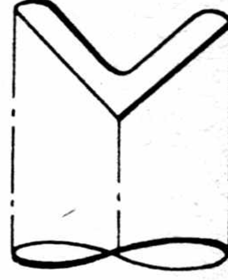
అభ్యసించడానికి చిత్రం 36లో చూపినట్టుగా వుండే ఆకారంలో అట్ట ముక్క కత్తిరించండి. దాని "కాళ్లు" సుమారు ఐదేసి సెంటిమీటర్ల నిడివి, సెంటిమీటరుకు కొంచెం తక్కువగా వెడల్పు వుండాలి. దానిని చిత్రం 36లో చూపినట్టుగా బొటన వేలితో పట్టుకొని, ముందుకు, కొంచెం ఎత్తుగా వెళ్లేటట్టుగా మీటండి. అది అయిదు



చిత్రం 35. బూమరాంగ్ విసిరే ఆస్ట్రేలియను ఆదిమ నివాసి. బూమరాంగ్ లక్ష్యానికి తగలనప్పుడు దాని గమనం ఎలా ఉండేదీ చుక్కల గీత సూచిస్తుంది.



చిత్రం 36. అట్టతో చేసిన బూమరాంగ్, దాన్ని విసిరే పద్ధతి.

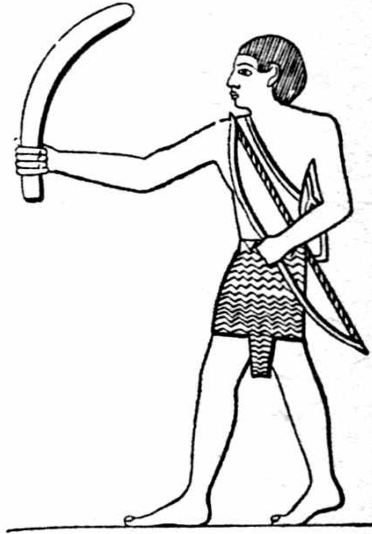


చిత్రం 37. మరొక రకం అట్టబూమరాంగ్ (యథార్థ ప్రమాణంలో).

మీటర్ల దూరం వెళ్లి, గుండ్రంగా తిరిగివచ్చి, మీ కాళ్లవద్దనే పడిపోతుంది — దారిలో దానికేమీ తగలకుండా ఉండాలి.

యింకా మంచి బూమరాంగ్ తయారు చెయ్యాలంటే, చిత్రం 37లో చూపిన ప్రకారం చేసి, బొమ్మ దిగువ భాగంలో కనపరచినట్టు దానికి వంపు కలిగించి, ఒక విధంగా ప్రొపెల్లరు ఆకారం తెప్పించండి. కొంత అనుభవం కలిగినమీదట మీరు దాన్ని అనేక గిరికీలు తిరిగేలా విసిరి, మీ కాళ్లవద్దకు తిరిగి వచ్చేలాగా చెయ్యగలుగుతారు.

బూమరాంగ్ అనే "విసురు ఆయుధం" కేవలం ఆస్ట్రేలియాకు చెందినదే నన్నమాట ఏమాత్రం నిజంకాదు. ఇండియాలో కొన్ని ప్రాంతాలలో ఇది వుపయోగంలో వుండేది. ఒకప్పుడు అసిరియా యోధులు దీన్ని సామాన్యంగా ఉపయోగించేవారనడానికి నిదర్శనంగా కుడ్యచిత్రాలు యిప్పటికి వున్నాయి (చిత్రం 38 చూడండి). ప్రాచీన ఈజిప్టు వారికి, న్యూబియా వారికి యీ అస్త్రం తెలుసును. ఆస్ట్రేలియా బూమరాంగు విశేషమేమంటే అందులో ప్రొపెల్లరులాటి మెలిక. దాని మూలంగా అది చిత్ర విచిత్రంగా సుడులు తిరుగుతూ గురి తగలని పక్షంలో విసిరినవాడి చేతికి తిరిగి వస్తుంది.



చిత్రం 38. బూమరాంగ్ ప్రయోగించే ప్రాచీన ఈజిప్టు యోధుడు.

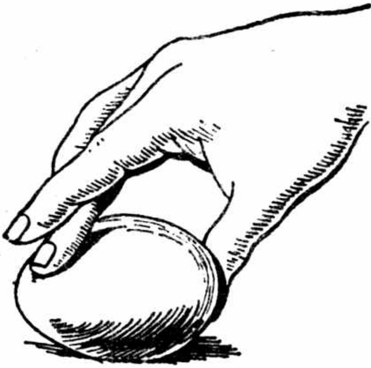
నాలుగవ అధ్యాయం

భ్రమణం. "శాశ్వత చలన" యంత్రాలు

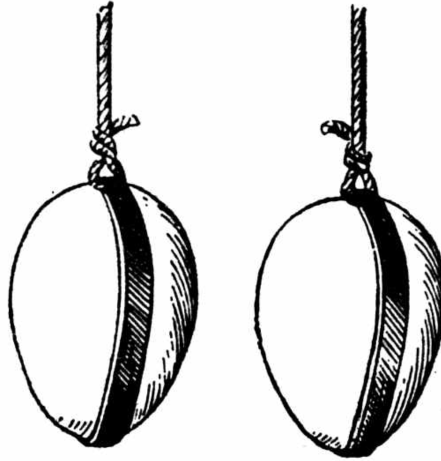
గుడ్డు వుడికినదా, పచ్చిదా?

ఒక గుడ్డు ఉడికినదో, పచ్చిదో పగలకొట్టకుండా ఎలా తెలుసుకోగలం? యీ ప్రశ్నకు మెకానిక్సు సమాధానం చెప్పుతుంది.

ఇందులో గల రహస్యమేమంటే వుడికిన గుడ్డు ఒక విధంగా తిరుగుతుంది, పచ్చి గుడ్డు మరొక విధంగా తిరుగుతుంది. గుడ్డును ఒక సమతలమైన పలకపైన పెట్టి గుండ్రంగా తిప్పండి (చిత్రం 39). వుడికిన గుడ్డు, అందులోనూ పూర్తిగా వుడికినది, పచ్చి గుడ్డు కన్న, చాలా వేగంగా తిరుగుతుంది, ఎక్కువ సేపు తిరుగుతుంది కూడా. ఆ మాటకు వస్తే పచ్చి గుడ్డును తిప్పటం కష్టం. పూర్తిగా వుడికిన గుడ్డు ఎంత వేగంగా



చిత్రం 39. గుడ్డును తిప్పడం.



చిత్రం 40. ఉడికిన గుడ్డుకు, పచ్చి గుడ్డుకు తేడా కనిపెట్టటం.

తిరుగుతుందంటే, అది అస్పష్టమయిన తెల్లని ''ఎలిప్సాయిడ్'' ఆకారంలో కనిపిస్తుంది. మరీ వేగంగా తిప్పితే సన్నని మొనపై లేస్తుంది కూడాను.

దీనికి కారణమేమంటే పూర్తిగా ఉడికిన గుడ్డు గట్టిగా ఉండడంచేత మొత్తంగా తిరుగుతుంది, పచ్చి గుడ్డు అలా తిరుగదు; దానిలో ఉండే ద్రవపదార్థానికి భ్రమణం వెంటనే అందదు. అది జడత్వము (ఇనర్షియా) కారణంగా పైపెంకుయొక్క భ్రమణానికి ''బ్రేకు'' లాగ పనిచేస్తుంది.

ఆగడంలో కూడా ఉడికిస గుడ్డుకు ఉడకని గుడ్డుకు తేడా ఉన్నది. ఉడికిన గుడ్డు తిరిగేటప్పుడు వేలితో తాకి ఆపితే అది తక్షణమే ఆగిపోతుంది; పచ్చి గుడ్డును ఆపి వేలు తీసినాక అది మళ్లీ కొంచెం తిరుగుతుంది. ఇది కూడా ద్రవపదార్థంయొక్క జడత్వమువల్లనే జరుగుతుంది: పచ్చి గుడ్డులో పైపెంకు తిరగడం మానినాక కూడా లోపలి ద్రవానికి ఇంకా చలనం ఉంటుంది; ఉడికిన గుడ్డులో మాత్రం పైపెంకుతోపాటు లోపలి పదార్థం కూడా నిలిచిపోతుంది.

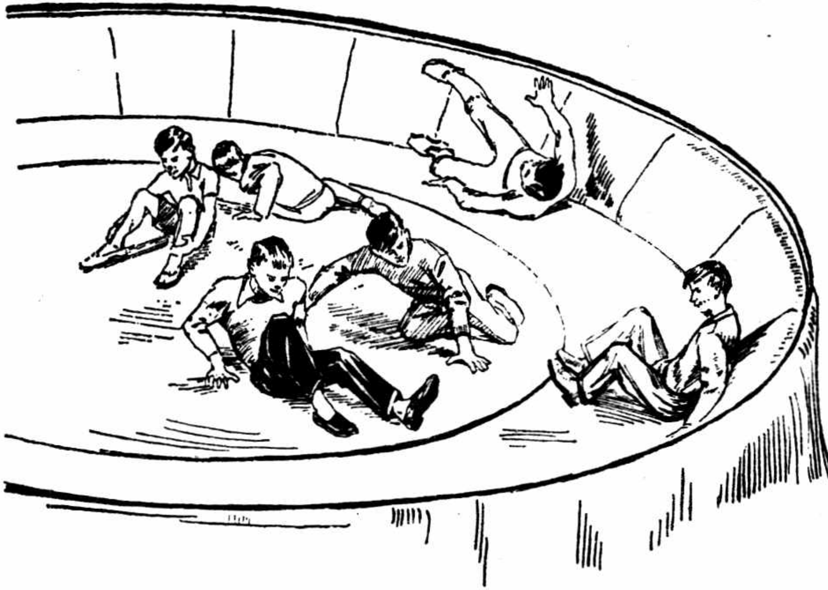
ఇలాటిదే మరొక పరీక్ష కూడా ఉన్నది. ఒక ఉడికిన గుడ్డుకు, ఉడకని గుడ్డుకు నిలువుగా రబ్బరు పట్టీలు అమర్చి, రెండిటినీ ఒకే రకం దారంతో వేళ్లాడగట్టండి (చిత్రం 40). రెండు దారాలను సమంగా మెలి పెట్టి వదలండి. పచ్చి గుడ్డుకి ఉడికిన గుడ్డుకి మధ్య గల తేడా వెంటనే కనిపెట్టవచ్చు. ఉడికిన గుడ్డు జడత్వమువల్ల యథాస్థానానికి రాగానే ఆగక ఇంకా తిరిగి దారాన్ని ఎదురుమెలి పెడుతుంది. ఆ మెలిక సరికావడానికి రెండో వైపు తిరుగుతుంది. ఇలా అనేక పర్యాయాలు అటూ ఇటూ తిరిగినమీదట గాని అది నిలవదు. పచ్చి గుడ్డు మొదటి మెలిక విచ్చుకునేటప్పుడు యథాస్థానం దాటి ఎంతో దూరం తిరగదు. అది ఉడికిన గుడ్డు నిలిచిపోవడానికి చాలా ముందుగానే నిలిచిపోతుంది: ఎందుకంటే దానిలోని ద్రవపదార్థం దాన్ని గమనాన్ని ఆపేస్తుంది.

రంగుల రాట్నం

ఒక గొడుగును తెరచి తలకిందులు చేసి నేలమీద ఉంచి, పిడి పట్టుకుని గుండ్రంగా తిప్పితే అది వేగంగా తిరుగుతుంది. అప్పుడు దానిలో చిన్న బంతి గాని, కాగితపు ఉండ గాని పడేస్తే అది అందులో ఉండక బయటికి ఎగిరి వస్తుంది. కేంద్ర పరాన్ముఖ (సెంట్రిఫ్యూగల్) శక్తి ఇందుకు కారణమని చాలామంది అపోహపడతారు. కాని ఇలా జరగడానికి కారణం జడత్వము. నిజానికి తిరిగే గొడుగులో వస్తువు గొడుగుయొక్క వ్యాసార్ధం వెంబడికాక దాని భ్రమణ మార్గానికి స్పర్శ రేఖ వెంబడి బయటికి వస్తుంది.

భ్రమణంయొక్క ఈ సూత్రంమీద ఆధారపడి, కొన్ని పబ్లిక్ పార్కులలో ఒక రకమైన రంగుల రాట్నాలుంటాయి (చిత్రం 41). వాటిపైన జడత్వ సూత్రాన్ని మనమీద మనమే ప్రయోగించుకోవచ్చు. ఇందులో గుండ్రని నేల తిరుగుతూ ఉంటుంది. దానిపైన మనం నిలబడవచ్చు, కూర్చోవచ్చు, పడుకోవచ్చు. అడుగున ఉండే మోటారు నేలను గుండ్రంగా తిప్పనారంభిస్తుంది. దాని వేగం హెచ్చినప్పుడు నేలమీద ఉండేవాళ్లందరూ జడత్వము మూలంగా ఒక అంచుకేసి జారతారు, తోసుకుపోతారు. మొదట ఇది స్పష్టంగా ఉండదు. కాని మనం నేలయొక్క కేంద్రానికి ఎడంగా వెళ్లినకొద్దీ వేగం హెచ్చుతుంది. దానితోపాటు జడత్వము కూడా హెచ్చుతుంది. మనం తోసుకుపోకుండా ఉండడానికి ఎంతో యత్నిస్తాం. కాని ప్రయోజనం ఉండదు. మనం చివరకు అంచుదాకా పోయి పడతాం.

మన భూమి కూడా నిజం చెప్పాలంటే ఒక పెద్ద రంగుల రాట్నం. అది మనని తోసి వెయ్యదు గాని, మన బరువును తగ్గిస్తుంది. భ్రమణవేగం అత్యధికంగా ఉండే భూమధ్యరేఖవద్ద మన బరువులో 300వ వంతు తరిగిపోతుంది. దీనికి తోడు మన బరువును తగ్గించే అంశం మరొకటి ఉన్నది. భూమి నొక్కుడు పడి ఉండడంచేత భూమధ్యరేఖవద్ద మన బరువులో 200వ వంతు తగ్గుతుంది. ఈవిధంగా బాగా ఎదిగిన మనిషియొక్క బరువు ధ్రువాలవద్దకంటే భూమధ్యరేఖవద్ద 300 గ్రాములు తక్కువగా ఉంటుంది.



చిత్రం 41. రంగుల రాట్నం. అపకేంద్ర శక్తులు కుర్రవాళ్లను వెలుపలికి నెట్టి వేస్తాయి.

సిరాతో సుడిగాలులు

తెల్ల అట్టముక్కతోను, చెక్కిన అగ్గిపుల్లతోను ఒక బొంగరం తయారు చేయండి. అది ఉండవలసిన అసలు ప్రమాణం చిత్రం 42లో చూపబడింది. ఈ బొంగరాన్ని తిప్పడం చాలా తేలిక. పిల్లలకు కూడా సాధ్యమే.



చిత్రం 42. తిరిగే బొంగరంమీద సిరా చారలు.

పిల్లలాడుకునే ఈ బొంగరంతో నేర్చుకోదగినది కొంత ఉన్నది. ఈ బొంగరంమీద అక్కడక్కడ సిరాబొట్లుంచి అవి ఆరిపోయేలోగా గుండ్రంగా తిప్పండి. అది ఆగినాక సిరా బొట్లు ఏమయ్యాయో చూడండి: వంకర చారలు కనిపిస్తాయి – ఒక చిన్న సుడిగాలిలాగ.

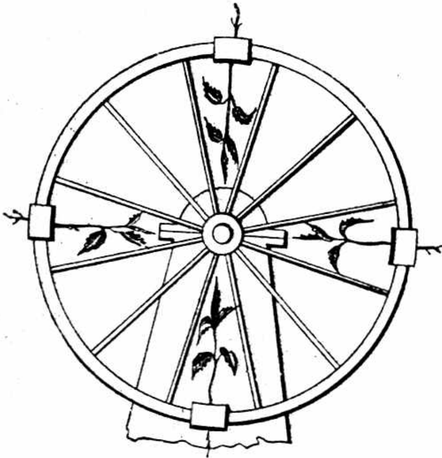
ఈ పోలికకు కారణం ఉన్నది. బొంగరంమీది చారలు సిరాబొట్ల కదిలికవల్ల ఏర్పడినవి. రంగుల రాట్నంమీది మనిషిమీద పనిచేసిన శక్తే సిరాబొట్లమీద కూడా పని చేస్తుంది. బొంగరం తిరిగేటప్పుడు కేంద్ర పరాన్ముఖ శక్తి కారణంగా సిరాబొట్లు కేంద్రానికి దూరంగా వెళ్లినప్పుడు ఒక చోటకి వచ్చేసరికి సిరాబొట్ల వేగంకన్న బొంగరంయొక్క భ్రమణవేగం జాస్తీ అవుతుంది. అప్పుడు సిరాబొట్టు వ్యాసరేఖను విడిచిపెట్టి పెడగా తిరిగి పోతుంది. అందుచేత సిరా చారలు వంపు తిరగడం జరుగుతుంది.

గాలిలో ఒత్తిడి జాస్తీ అయిన ప్రదేశాలనుంచి (ప్రతిచక్రవాతాలలో) వాయు తరంగాలు బయలుదేరి అన్ని వైపులకు ప్రసరించేటప్పుడూ, గాలి ఒత్తిడి తక్కువగా ఉన్న ప్రాంతాలకు

(మహాచక్రవాతాలలో) గాలి తరంగాలు అన్ని వైపులనుంచి అక్కడికి చేరేటప్పుడూ ఇలాగే జరుగుతుంది. బ్రహ్మాండమైన సుడిగాలులను సిరా చారలు కొద్దిలో చిత్రిస్తున్నాయి.

మోసపోయిన మొక్క

భ్రమణవేగం హెచ్చుగా ఉన్నప్పుడు దానివల్ల జనించే కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తి భూమియొక్క ఆకర్షణశక్తిని కూడా మించవచ్చు. మామూలు చక్రం తిరిగేటప్పుడు ఎంత విసురు శక్తి పుట్టుతుందో తెలిపే తమాషా అయిన ప్రయోగం ఒకటుంది. ఈ సంగతి నూరేళ్లకు బాగా క్రితమే నైట్ అనే బ్రిటిష్ వృక్షశాస్త్రవేత్త నిరూపించాడు. మొక్కయొక్క కాండం గురుత్వాకర్షణశక్తికి విరుద్ధంగా పెరుగుతుందని అందరికీ తెలుసు, ఇదే మామూలు భాషలో చెప్పాలంటే మొక్క భూమినుండి పైకి పెరుగుతుంది. నైట్ చేసినదేమంటే వేగంగా తిరిగే చక్రం అంచున విత్తులు నాటాడు. వాటినుంచి మొక్కలు లోపలి వైపుకు పెరిగాయి, వేళ్లు బయటికి పెరిగాయి. గురుత్వాకర్షణశక్తికి బదులు కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తిని కలిగించేసరికి మొక్క మోసపోయినట్టయింది. మొక్క ఎప్పుడూ గురుత్వాకర్షణశక్తికి వ్యతిరేక దిశలో పెరుగుతుంది కాబట్టి, ఈ సందర్భంలో అది చక్రంలోకి పెరిగింది — అంచునుంచి అక్షంవైపు. కృత్రిమంగా సృష్టించిన కేంద్ర పరాఙ్ముఖశక్తి గురుత్వాకర్షణశక్తికంటే ఎక్కువైంది. మొక్క ఈ శక్తికింద పెరిగింది. (ఈనాడు గురుత్వాకర్షణ గురించి అమలులోకి వచ్చిన కొత్త సిద్ధాంత రీత్యా ఈ వివరణకు అభ్యంతరాలు లేవు.)



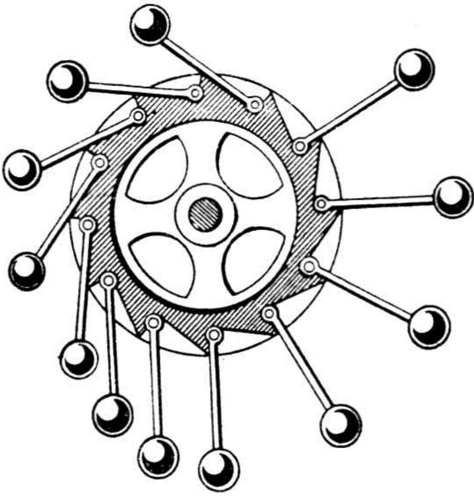
చిత్రం 43. తిరిగే చక్రం అంచున నాటిన విత్తనాలు మొలకెత్తి ఇరుసుకేసి పెరుగుతాయి; బయటికి వేరు తన్నుతాయి.

"శాశ్వత చలన" యంత్రాలు

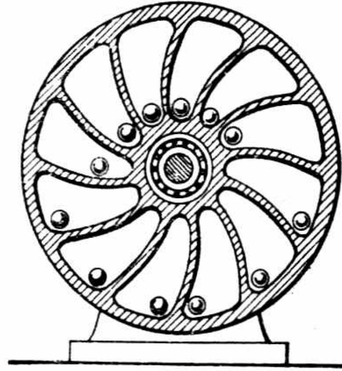
"శాశ్వత చలనం," "శాశ్వత చలన" యంత్రం అనే వాటిని గురించి చర్చలు జరుగుతూ ఉంటాయి. కాని అది అసలేమిటో అందరికీ తెలియదనుకుంటాను. "శాశ్వత చలన" యంత్రం అనేది ఒక ఊహాయంత్రం; అది ఆగకుండా తిరుగుతూ ఉండడమేగాక బరువులు

ఎత్తడంలాటి లాభకరమైన పనులు కూడా చేస్తుంది. అలాటి యంత్రాన్ని సృష్టించడానికి అనాదిగా ప్రయత్నాలు జరిగినప్పటికీ ఇంతవరకు దాన్ని సృష్టించినవారు లేరు. దీని సృష్టికి గాను చేసిన ప్రయత్నాలన్నీ విఫలం కావడంతో ''శాశ్వత చలన'' యంత్రం అసాధ్యమని నమ్మకం కుదిరి, శక్తి నిత్యతా సిద్ధాంతం బయలుదేరింది — ఆధునిక శాస్త్రంలో ఇది ప్రాధాన్యం గలది. ''శాశ్వత చలనం'' అంటే పని ఏమి వ్యయం కాకుండానే అంతులేని చలనం లభ్యం కావడమన్నమాట.

చిత్రం 44లో ఒక మాయ ''శాశ్వత చలన'' యంత్రంయొక్క పథకం అత్యంత ప్రాచీనమైన వాటిలో ఒకటి చూడవచ్చు. దీనిని పునరుద్ధరించి చూడాలనే వెర్రికుట్టేలు



చిత్రం 44. మధ్యయుగం నాటి మాయ ''శాశ్వతంగా'' తిరిగే చక్రం.



చిత్రం 45. మాయ ''శాశ్వత చలన'' యంత్రం అరలలో గుళ్లు దొర్లుతాయి.

యీనాడు కూడా ఉన్నారు. చక్రం అంచున కడ్డీలు అమర్చి వాటి చివర బరువులుంచుతారు. చక్రం ఏ స్థితిలో ఉన్నప్పటికీ కుడి వైపున ఉండే బరువులు ఎడమ వైపున వుండేవాటికన్న చక్రం ఇరుసుకు హెచ్చు దూరంలో ఉంటాయి. అందుచేత కుడి వైపున భారం హెచ్చుగా ఉండి చక్రం తిరుగుతుంది. అందుచేత చక్రం ఆగకుండా తిరగాలి — కనీసం ఇరుసు అరిగిన దాకా తిరగాలి, దాన్ని కనిపెట్టినవాడి వాదం అదీ. అటువంటి యంత్రాన్ని వీారుగాని తయారు చేసేరు. అది చచ్చినా తిరగదు. ఎందుచేత?

కుడి వైపున ఉండే బరువులు ఇరుసుకు దూరంగా ఉండే మాట నిజమే గాని, ఒక స్థితిలో ఎడమ వైపు బరువుల సంఖ్యకన్న కుడి వైపున ఉండే బరువుల సంఖ్య తక్కువగా ఉంటుంది. చిత్రం 44 కేసి మరొక సారి చూడండి. అందులో కుడి వైపున నాలుగు బరువులూ,



చిత్రం 46. లాస్ ఏంజిల్సు కఫే తాలూకు ప్రచారానికి నిర్మించిన మోసపు "శాశ్వత చలన" యంత్రం.

ఎడమ వైపున ఎనిమిది బరువులూ ఉన్నాయి. యీవిధంగా చక్రం సమతూకంలో ఉన్నది. ఇప్పుడీ చక్రం తిరగదు. కొంచెం కదిలి మళ్లీ ఇదే స్థితికి వచ్చేస్తుంది. (యీ యంత్రంయొక్క కదలికను ద్రవ్యవేగ సూత్రమనేది వివరిస్తుంది.)

శక్తిని లభ్యం చేసే "శాశ్వత చలన" యంత్రం అసంభావ్యమని నిస్సంశయంగా నిరూపితమయింది. మధ్య యుగపు రసవాదులు పరసవేదికన్న కూడా ఇలాటి యంత్రం (లాటిన్ భాషలో perpetuum mobile అనేది) ముఖ్యమని భావించి దానికోసం అంతులేని కృషి జరిపారు. వారి కృషి వృథా అయింది.

19వ శతాబ్దికి చెందిన ప్రఖ్యాత రష్యన్ కవి పూష్కిన్ "షివల్రస్ ఎపిసోడ్స్" (*Chivalrous Episodes*)లో ఇలాటి గాలిమేడలు కట్టే వ్యక్తిని వర్ణించాడు. ఆ వ్యక్తి పేరు బెర్తోల్ట్.

" 'Perpetuum mobile అనేది ఏమిటి?' అని మర్తీన్ అడిగాడు.

" 'Perpetuum mobile అంటే శాశ్వత చలనం. అది కనిపెట్టానంటే మానవుడి సృజనాత్మక కృషికి పరిమితి ఉండదు.... చూసేవు మర్తీన్! బంగారం చెయ్యడంలో ఆనందం ఉండవచ్చు, లాభమూ వుండవచ్చు, కాని perpetuum mobile కనిపెట్టడం.... అహా ఎంత గొప్ప విషయం!' అన్నాడు బెర్తోల్ట్."

"శాశ్వత చలన" యంత్రాలు వందల సంఖ్యలో సృష్టి అయాయి, కాని ఒక్కటీ కదలలేదు. ప్రతి ఒక్కడూ ఏదో ఒక అంశం విస్మరించాడు, దానితో పని పాడయింది.

చిత్రం 45లో మరొక మాయ "శాశ్వత చలన" యంత్రంగా భావించబడేది చూపబడింది. ఇది ఒక చక్రం, ఇందులో అంచుకూ, ఇరుసుకూ మధ్య అరలుంటాయి, వీటిలో బరువైన గుండ్లు దొర్లుతాయి. అంచుకు దగ్గిరగా ఉండే గుండ్లు తమ బరువుచేత చక్రాన్ని తిప్పుతాయని ఉద్దేశం.

అయితే ఇది ఎన్నటికీ జరగదు. చిత్రం 44లో గల చక్రం ఎందుకు తిరగదో ఇదీ అందుకే తిరగదు. అయినప్పటికీ ఒక కఫేను అడ్వర్టయిజు చెయ్యటానికి లాస్ ఏంజిల్సులో ఇలాటి చక్రాన్ని బ్రహ్మాండమయిన దానిని అమర్చారు. వాస్తవానికది పచ్చిమోసం. ఆ చక్రాన్ని తిప్పే యంత్రాంగాన్ని కనబడకుండా అమర్చారు—ప్రజలు మాత్రము దానిని "శాశ్వత చలన" యంత్రమని గుండ్ల బరువుతోనే అది తిరుగుతున్నదని అనుకున్నారు. ఇలాటి మాయ శాశ్వత చలన యంత్రాలను గడియారాల దుకాణాల గవాక్షాలలో వుంచి వాటిని విద్యుచ్ఛక్తితో నడిపి ప్రజలను ఆకర్షించేవారు.

ఇలాటి అడ్వర్టయిజుమెంటులో ఒకటి నా శిష్యులను ఎంత నమ్మించిందంటే నేను శాశ్వత చలనం సాధ్యం కాదని చెబితే వారు నమ్మలేదు. కళ్లకి కనిపిస్తూ వుంటే నమ్మకపోవడం

ఎలా? గుండ్ను దొర్ని చక్రం తిరుగుతూ వుండడం చూసిన నా విద్యార్థులకు నా మాటలు ఎక్కలేదు. ఆ మోసపు యంత్రం విద్యుచ్ఛక్తితో తిరుగుతున్నదని చెప్పాను. కాని, ఫలితం లేకపోయింది. ఆదివారంనాడు విద్యుచ్ఛక్తి బందు చేస్తారని నాకు జ్ఞాపకం వచ్చింది. అందుచేత నా విద్యార్థులను ఆదివారంనాడు దుకాణానికి వెళ్లి చూడమన్నాను.

"శాశ్వత చలన యంత్రాన్ని చూశారా?" అని తరవాత వాళ్లని అడిగాను. వాళ్లు తలలు వేళ్లాడేసి:

"లేదు, దానిమీద పేపరు కప్పి వున్నది," అన్నారు.

శక్తినిత్యతా సిద్ధాంతంమీద వాళ్లకు గురి కుదిరింది. అది మళ్లీ పోలేదు.

"కిటుకు"

రష్యాలో అనేకమంది నాటు పరిశోధకులు "శాశ్వత చలన" యంత్రాన్ని సృష్టించాలని ప్రయత్నించారు. 19వ శతాబ్దికి చెందిన ప్రఖ్యాత వ్యంగ్య రచయిత సల్తికోవ్ - శ్చెద్రీన్ తన "మోడర్న్ ఇడిల్" *(Modern Idyll)* అనే నవలలో అలెక్సాంద్ర్ శ్చిగ్లోవ్ అనే సైబీరియను రైతును "బ్యూర్గెర్ ప్రెజేంతొవ్" అనే పేరుతో వర్ణించాడు. ఆ రచనలో రచయిత పరిశోధకుడి దుకాణం చూడబోవటం యీకింది విధంగా వర్ణిస్తాడు.

"బ్యూర్గెర్ ప్రెజేంతొవ్ సుమారు 35 ఏళ్లవాడు. బక్కపలచని మనిషి. పాలిన ముఖం. ఆలోచనా పూరితమైన పెద్ద కళ్లు. వెంట్రుకలు దీర్ఘంగా వుండి జడలు జడలుగా మెడమీద పడుతున్నాయి. అతని కుటీరం విశాలంగానే వున్నది, కాని అందులో సగంభాగం ఒక పెద్ద తిరుగుడు చక్రం (flying wheel) ఆక్రమించింది. మేము లోపలికి కష్టంమీద దూరవలసి వచ్చింది. అది ఆకుల చక్రం. దాని అంచు బాగా వెడల్పుగా ఉండి చెక్కలు అమర్చి పెట్టెలాగా తయారు చేయబడింది. అది ఖాళీ పెట్టె, రహస్యం అంతా అందులోనే వున్నది. ఆ రహస్య మేమిటంటే ఒకదానినొకటి సమతూకంలో ఉంచుకొనే ఇసుక బస్తాలు. చక్రం కదలకుండా కర్ర ఒకటి పోటు పెట్టి వున్నది.

" 'శాశ్వత చలనం సాధించారని విన్నాం. నిజమేనా?' అన్నాను.

" 'ఏం చెప్పాలో నాకు తెలియకుండా వుంది. సాధించాననే అనుకుంటా,' అన్నాడతను కొంచెం కలవరపడుతూ.

" 'చూడవచ్చునా?'

" 'తప్పక, అంతకన్నా కావలసిందేమిటి?'

''మమ్మల్ని అతను చక్రం దగ్గరికి తీసుకుపోయి తరువాత దాని వెనుక పక్కకు కూడా తీసుకుపోయాడు. ఎటునుంచి చూచినా అది చక్రమే.

'' 'ఇది తిరుగుతుందా?'

'' 'తిరగాలి మరి. కాని అది కాస్త గయ్యాళీ....'

'' 'కఱ్ర తీస్తారా?'

''ప్రెజేంతొవ్ పోటు కఱ్ర తీశాడు. కాని చక్రం కదలలేదు.

'' 'మళ్లీ మొరాయిస్తున్నది. కాస్త కదిలించాలి.'

''అతను చక్రం అంచును రెండు చేతుల్లో పట్టుకుని చాలా సార్లు అటూ ఇటూ వూపి, తనకున్న బలం అంతా పెట్టి ఒక్క వూపు వూపాడు. చక్రం తిరగసాగింది. అతి వేగంగానూ, తేలిగ్గానూ చాలా చుట్లు తిరిగింది. లోపల ఇసుక బస్తాలు చెక్కలకు తగలడమూ, జారడమూ వినిపించింది. క్రమంగా చక్రం తిరిగే వేగం తగ్గసాగింది. గరగరా కిరకిరా చప్పుళ్లు వినిపించాయి. చివరకు చక్రం ఆగిపోయింది.

''అతను కంగారు పడి చక్రాన్ని మళ్లీ తిప్పటానికి హైరాన పడుతూ:

'' 'ఎక్కడో ఏదో కిటుకున్నది,' అన్నాడు.

''కాని రెండో సారి కూడా మళ్లీ అంతే అయింది.

'' 'ఫ్రిక్షను మాట మరిచారేమో?'

'' 'మరవలేదు.... ఫ్రిక్షనంటారేం? అది కానే కాదు. ఫ్రిక్షనుదేమీ లేదు. అది చెప్పిన మాట విన్నట్టే విని ఇంతలో మొరాయిస్తుంది, అంతే, యీ చక్రాన్ని అతుకుల బొంతలాగా కాక అసలైన పదార్థాలతో చేసి వుంటే....' ''

తప్పు ''కిటుకు''దీ కాదు, ''అసలైన పదార్థాలదీ'' కాదు. మూల సూత్రమే తప్పు. అతను బలంగా తిప్పడంచేత చక్రం తిరిగింది. ఫ్రిక్షనువల్ల ఆ తొలిశక్తి వ్యయంకాగానే అది ఆగక తప్పదు.

గుండ్లే అంతా చేసేస్తాయి

కరోనిన్ అనే పేరుగల రచయిత *Perpetuum mobile* అనే కథలో మరొక ''శాశ్వత చలన'' యంత్రాన్ని వర్ణించాడు. దాన్ని నిర్మించినవాడు ల్రవేంతి గోల్దిరెవ్ అనే రైతు, 1884లో చనిపోయాడు. కరోనిన్ అతని పేరును కథలో పీహ్టిన్ అని మార్చి అతను నిర్మించిన యంత్రాన్ని వివరంగా వర్ణించాడు.

''మా యెదుట ఒక పెద్ద వింతయిన యంత్రం కనిపించింది. అది గుర్రాలకు లాడాలు వెయ్యటానికి కమ్మరులు వుపయోగించే సాధనాన్ని పోలినట్టు చూడగానే అనిపించింది. సరిగా చిత్రిక పట్టని కర్రస్తంభాలూ, దూలాలూ మాకు కనిపించాయి. అనేక తిరుగుడు చక్రాలు, పళ్ల చక్రాలు వున్నాయి. చూడ్డానికంతా నాటుగానూ, మొరటుగానూ, వికారంగానూ ఉన్నది. యంత్రం దిగువన నేలపైన అనేక ఇనుప గుండ్లున్నాయి. ఒక పక్కగా యింత ఎత్తున ఇనుప గుండ్లు పేర్చి వున్నాయి.

'' 'ఇదేనా?' అని మేనేజర్ అడిగాడు.

'' 'ఇదే అండి.'

'' 'ఇంతకూ ఇది తిరుగుతుందా?'

'' 'తిరక్కపోతే ఎలా?'

'' 'తిప్పటానికి గుర్రాన్ని ఉపయోగిస్తావా?'

'' 'గుర్రమా? దేనికి? దానంతట అదే తిరుగుతుంది.' అంటూ పీహ్టాన్ తిరిగి వెళ్లి, ఆ దయ్యపు యంత్రం ఎలా పని చేస్తుందో చూపటానికి ఉపక్రమించాడు.

''పోగుపెట్టివున్న యినుప గుండ్లు ప్రధాన పాత్ర వహించాయి.

'' 'గుండ్లే అంతా చేస్తాయి. చూడండి. గుండు మొట్టమొదట గభాలున యీ గుంటలో పడుతుంది. తరువాత అది మెరుపులాగా దొర్లి పోయి ఆ గుంటలో పడుతుంది, పరుగెత్తు కుంటూ వచ్చి, ఆ చక్రానికి తగిలి ఎంత గట్టిగా తోస్తుందంటే అది తిరిగే వేగానికి రొద పుట్టుకొస్తుంది. యీ లోపల ఇంకో గుండు బయలుదేరి ఇక్కడ పడుతుంది. ఇక్కడనుంచి బర్రుమని గాలి వెంట పరుగెత్తి వెళ్లి, ఆ గుంటలో ఢమాల్మని చక్రానికి కొట్టుకుంటుంది. అదే పద్ధతి. చూపిస్తానుండండి....'

''పీహ్టాన్ అటూ ఇటూ పరుగెత్తి, చెదురుమదురుగా ఉన్న గుండ్లను పోగుచేసి తన కాళ్ల దగ్గర కుప్పగా పేర్చి, ఒక గుండు ఎత్తి బలం కొద్దీ చక్రంలోని ఒక గుంటలో కొట్టాడు. వెంటవెంటనే రెండో గుండూ, మూడో గుండూ ఎత్తి అలాగే గుంటల్లోకి విసురుగా కొట్టాడు. ఊహించరాని ధ్వని బయలుదేరింది. గుండ్లు ఇనుప గుంటల్లో ఢమఢమలాడాయి, చక్రం కిర్రు పెట్టింది. స్తంభాలు మూలిగాయి. ఆ చోటంతా భయంకరమైన ధ్వనులతో నిండిపోయింది.''

గోర్డిరెవ్ యొక్క యంత్రం నడిచిన మాట నిజమేనంటాడు రచయిత కరోనిన్ తన కథలో. కాని అది కేవలం అపోహ. గుండ్లు పడుతున్నంత సేపు చక్రం తిరగగలదు. — గుండ్లు పైకెత్తడంవల్ల వాటికి ఏర్పడిన అనుద్భూత శక్తి (potential energy) చక్రాన్ని నడిపిస్తుంది. గోడ గడియారాన్ని బరువులు నడిపినట్టే. అలా కూడా అది ఎంతో సేపు

నడవదు. ఎత్తివడవేసిన గుండ్లు గుంటల్లో పడి కిందికి జారగానే అది ఆగిపోతుంది — ఈ లోపుగానే రెండు పార్శ్వాల బరువులకు సమతూకం వచ్చి ఆగినా ఆగిపోవచ్చు.

తరవాత గోర్ద్రెవ్ తన యంత్రంతో అసంతృప్తి చెందాడు. దాన్ని అతను యెకతెరీన్ బుర్గ్ (ఈనాడు స్వెర్ద్లోవ్స్క్ నగరం, ఉరాల్స్ ప్రాంతం) ప్రదర్శనంలో పెట్టినప్పుడు అతను నిజమైన పారిశ్రామిక యంత్రాలు చూశాడు. తన ''శాశ్వత చలన'' యంత్రం గురించి ఎవరో అడగగా:

''దాన్ని తగలేసిరి! దాన్ని విరిచి పొయిలో పెట్టమను!'' అని చీదరించుకున్నాడు.

ఉఫీమ్‌త్సెవ్ యొక్క సంచాయకము (అక్యూములేటరు)

''శాశ్వత చలన'' యంత్రాలను సరిగా పరిశీలించనివారు ఎలాటి పొరపాట్లకు గురి అవుతారో ఉఫీమ్‌త్సెవ్ తయారుచేసిన ''గతిశక్తి సంచాయకము'' (accumulator of kinetic energy) అనబడే యంత్రం నిరూపించింది. కూర్స్క్ నగరమునకు చెందిన ఉఫీమ్‌త్సెవ్ అనే పరిశోధకుడు చౌకబారు తిరుగుడు చక్రాన్ని జడత్వ సంచాయకము (inertia accumulator) గా వాడి ఒక గాలిమర విద్యుదుత్పత్తి కేంద్రం తయారుచేశాడు. 1920లో ఆయన దాని నమూనా తయారుచేశాడు. అందులో ఒక నిటారుగా ఉండే ఇరుసుపైన ఒక పలచని చక్రం అమర్చి దానిని బాల్ బేరింగులపై ఉంచి దానికి ఒక వాయు రహితమైన అర ఏర్పాటు చేశాడు. ఈ చక్రాన్ని నిముషానికి 20,000 పరిభ్రమణముల వేగం వచ్చేదాకా తిప్పి వదిలితే పైనుంచి శక్తిని పుచ్చుకోకుండా అది 15 రోజులపాటు ఆగకుండా తిరిగేది. దాన్ని చూసి ఎవరేనా అనాలోచితంగా ''శాశ్వత చలన'' యంత్రమని భ్రమపడే అవకాశం ఉంది.

''అద్భుతంకాని అద్భుతం''

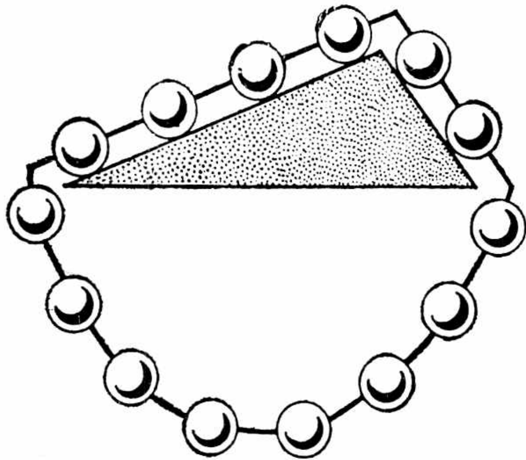
''శాశ్వత చలన'' యంత్రం కనిపెట్టాలని అనేకమంది తమ జీవితాలను వృథా చేసుకున్నారు. అక్టోబరు విప్లవం ముందు అలాటి యంత్రాన్ని తయారు చేయగలనన్న భ్రమతో తన సంపాదనను, దాచుకున్న డబ్బును పూర్తిగా ఖర్చు చేసి, అత్యంత హీన స్థితికి వచ్చిన ఫ్యాక్టరీ శ్రామికుణ్ణి ఒకడిని నేనెరుగుదును. సరి అయిన బట్టలులేక, తిండిలేక మాడుతూ అతను కనిపించినవారినల్లా తన యంత్రం పూర్తిచేయడానికి డబ్బులు యిమ్మని ముష్టి ఎత్తేవాడు.

అది తప్పక నడుస్తుందనేవాడు. భౌతికశాస్త్ర ప్రాథమిక సూత్రాలు తెలియని కారణంగా ఆ మనిషి పడే బాధ చూస్తే జాలి కలిగేది.

చిత్రమేమంటే ''శాశ్వత చలన'' యంత్రాన్ని కనిపెట్టే ప్రయత్నాలన్నీ విఫలమైనప్పటికీ అలాటి యంత్రం అసంభవమన్న జ్ఞానంనుంచి అనేక విలువైన పరిశోధనలు వెలువడ్డాయి.

దీనికొక అద్భుతమైన ఉదాహరణ ఉన్నది. 16వ శతాబ్ది అంతంలో స్టెవిన్ అనే సుప్రసిద్ధ శాస్త్రవేత్త హాలెండులో ఉండేవాడు. వాలుతలంమీద శక్తులు సరితూగే సూత్రాన్ని నిరూపణ చెయ్యడానికి ఆయన ఒక మార్గం కనిపెట్టాడు. మనం ఈనాడు తరుచుగా ఉపయోగించే అనేక విషయాలను ఆయన కనిపెట్టాడు. కాని అందుకు తగినంతగా ఆయనకు ఖ్యాతిరాలేదు. దశాంశ భిన్నాలనూ, బీజగణితంలో ఘాతములనూ ఆయన ప్రవేశపెట్టాడు. ఆయన ద్రవస్థైతిక సూత్రాన్ని కూడా కనిపెట్టాడు. తరువాత దానినే పాస్కల్ తిరిగి కనిపెట్టాడు.

శక్తుల సమాంతర చతుర్భుజ సూత్రాన్ని ఆశ్రయించకుండానే స్టెవిన్ వాలుతలంమీద శక్తులు నిశ్చలతపొందే సూత్రాన్ని సాధించాడు. ఇందుకు గాను ఆయన ఒక డ్రాయింగును సాధనంగా ఉపయోగించాడు. అది చిత్రం 47లో చూపబడింది. ఒకే ప్రమాణంగల 14 గోళాల గొలుసును మూడు పలకల ప్రిజము చుట్టూ వేస్తాము. ఈ గొలుసుతో ఏమవుతుంది? మాలలా దిగువన వేళ్లాడే భాగం తనంతటతానే సమతూకంలో ఉంటుందని మనకు కనిపిస్తూనే ఉన్నది. కాని మిగతా రెండు భాగాలు సమతూకంలో ఉంటాయా? కుడి పక్కన ఉన్న రెండు గోళాలూ, ఎడమ పక్కన ఉన్న నాలుగు గోళాలతో సరితూగ తీరాలి. లేని పక్షంలో గోళాల మాల ఆగకుండా కుడినుంచి ఎడమకు తిరుగుతూ ఉంటుంది. దిగువకు జారిపోయిన గోళాల స్థానంలోకి కొత్త గోళాలు వస్తాయి, నిశ్చలత అన్నది కలగనే కలగదు; కాని ఇలా అమర్చిన మాల దానంతట అది కదలదని మనకు తెలుసు. అందుచేత కుడి పక్కన ఉండే రెండు గోళాలు ఎడమ పక్కన ఉన్న నాలుగు గోళాలతో సమతూకంలో ఉండి తీరు

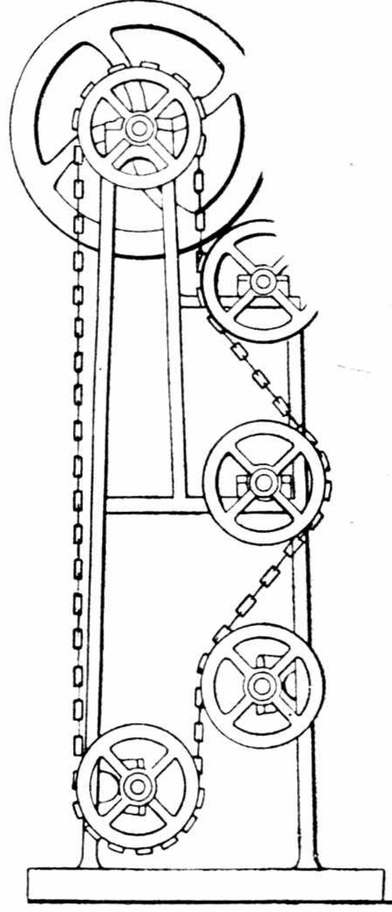


చిత్రం 47. ''అద్భుతంకాని అద్భుతం.''

తాయి. చిన్న అద్భుతంలాగ కనిపిస్తుంది కదూ? నాలుగు గోళాలకున్నంత భారమూ రెండు గోళాలకున్నది.

దీని ఆధారంతో స్టెవిన్ మెకానిక్సుకు సంబంధించిన ఒక ముఖ్య సూత్రాన్ని ప్రతిపాదించాడు. ఆయన ఇలా వాదించాడు: గొలుసుయొక్క రెండు భాగాల్లో గల బరువులలో వ్యత్యాసమున్నది. ప్రిజములో చిన్న తలపు నిడివికి పెద్ద తలపు నిడివి ఎన్ని రెట్లో గొలుసు చిన్న భాగంలో ఉండే బరువుకు పెద్ద భాగంలో ఉండే బరువు అన్ని రెట్లు. ఒక దారపు రెండు కొసలకు కట్టబడిన రెండు బరువులు రెండు వాలుతలాలపై సరితూగాలంటే వాటి భార నిష్పత్తి వాలుతలాల నిడివిల నిష్పత్తికి సమంగా ఉండాలి.

ప్రిజముయొక్క చిన్న వాలుతలం నిటారుగా ఉన్న పక్షంలో మరొక ముఖ్య సూత్రం అనువర్తిస్తుంది. అదేమిటంటే ఒక వాలుతలంపైన ఒక వస్తువును నిశ్చలంగా ఉంచాలంటే ఆ వాలుతలం యొక్క ఎత్తు, దాని నిడివిలో ఎన్నో వంతో ఆ వస్తువు బరువులో అన్నో వంతు శక్తిని ఆ తలం ఉండే దిశలో ప్రయోగించాలి.



చిత్రం 48. ఇది ''శాశ్వత చలన'' యంత్రమా?

ఈవిధంగా శాశ్వత చలన యంత్రాలు సాధ్యంకావన్న అంశాన్ని పురస్కరించుకుని మెకానిక్సులో అతి ముఖ్యమైన విషయం బయటపడింది.

మరికొన్ని ''శాశ్వత చలన'' యంత్రాలు

చిత్రం 48లో ఒక బరువైన గొలుసు చక్రాలకు చుట్టబడి ఉన్నది. ఈ గొలుసు హెచ్చు భాగం కుడి వైపుకుంటుంది. ఎల్లప్పుడూ కుడి పక్కన గొలుసు బరువు జాస్తీగా ఉంటుంది. గనుక ఈ యంత్రం ఆగకుండా ఎడమనుంచి కుడికి తిరుగుతూ ఉంటుందని దీన్ని కనిపెట్టినవాడనుకున్నాడు. కాని ఇలా జరుగుతుందా?

జరగదు. పెద్ద బరువూ, చిన్న బరువూ వేరువేరు కోణాలలో ప్రయోగితమైనప్పుడు ఒకదానితో ఒకటి సరితూగుతాయని ఇందాకటనే తెలుసుకున్నాం. ఈ యంత్రంలో ఎడమ పక్క ఉండే గొలుసు భాగం నిటారుగా ఉన్నది. కుడి భాగం వాలులో ఉన్నది. అందుచేత కుడి భాగంలో ఉన్న గొలుసు బరువు హెచ్చినప్పటికీ అది ఎడమ భాగాన్ని లాగలేదు, "శాశ్వత" చలనం సాధ్యంకాదు.

1860లలో పారిస్ ఎగ్జిబిషన్‌లో ప్రదర్శించిన "శాశ్వత చలన" యంత్రం అన్నిటి కన్న తెలివైనదనుకుంటాను. అది ఒక పెద్ద చక్రం. దాని అరల్లో గుండ్లు దొర్లేవి. ఆ చక్రాన్ని ఎవరూ ఆపలేరని దాన్ని నిర్మించినవాడు సవాల్ చేశాడు. చూడ వచ్చినవారు అనేక మంది దాన్ని చేతితో ఆపారు. కాని వారు చెయ్యి తియ్యగానే అది మళ్లా తిరిగేది. తాము చక్రాన్ని ఆపడానికి వినియోగించిన శక్తివల్లనే అది తిరిగిందని ఒక్కరికీ తట్టలేదు. ఆ చక్రంలో రహస్యంగా ఒక స్ప్రింగు అమర్చారు. చక్రాన్ని ఆపటానికి వెనక్కి తోసినప్పుడా స్ప్రింగు బిగుచుట్టుకొనేది.

గ్రేట్ పీటర్ కొనాలనుకున్న "శాశ్వత చలన" యంత్రం

జర్మనీలో కౌన్సిలర్ ఆర్ఫీరియస్ అనేవాడు కనిపెట్టిన "శాశ్వత చలన" యంత్రాన్ని కొనే ఉద్దేశ్యంతో రష్యా చక్రవర్తి పీటర్ ది గ్రేట్ 1715 – 1722 మధ్య చాలా ఉత్తర ప్రత్యుత్తరాలు జరిపాడు. ఆ ఉత్తరాలు ఇప్పటివరకూ భద్రపరచబడ్డాయి. తను కనిపెట్టిన ఆ "తనంతటతానే తిరిగే చక్రం"వల్ల దేశవ్యాప్తమైన ఖ్యాతి సంపాదించిన ఆ యంత్ర నిర్మాత తానా యంత్రాన్ని పెద్ద మొత్తానికయితేనే అమ్ముతానన్నాడు. పశ్చిమ యూరప్‌లో అపూర్వమైన వస్తువేదయినా లభ్యమయితే కొనుక్కు రావడానికి జారుచేత పంపబడిన ఆయన లైబ్రేరియన్ షుమాహెర్, యీ యంత్రం బేరం చెయ్యమంటే ఇలా జవాబిచ్చాడు:

"ఆఖరుమాట లక్ష తాలర్లు* ఇస్తే యంత్రం ఇస్తానంటున్నాడు."

యంత్రం గురించి చెబుతూ దాని నిర్మాత, తన యంత్రంలో మోసం ఏది లేదని కిట్టనివాళ్ల మాత్రమే దాన్ని గురించి చెడుగా మాట్లాడుతున్నారని ప్రపంచం నిండా ద్వేష పూరితులున్నారని, వారిని నమ్మరాదని అన్నట్టు షుమాహెర్ తెలియజేశాడు.

---

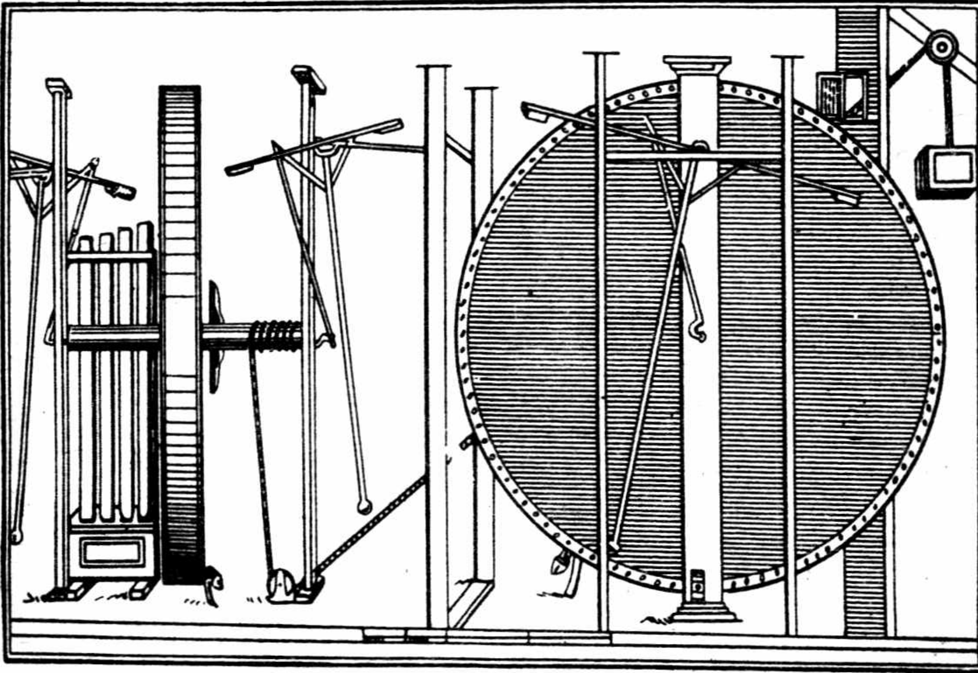
*తాలరు – సుమారు ఒక రూపాయి.

జర్మనీకి వెళ్ళి ఈ ప్రసిద్ధమైన "శాశ్వత చలన" యంత్రాన్ని స్వయంగా చూడాలని 1725 జనవరిలో పీటర్ నిర్ణయించుకున్నాడు. అయితే ఈ పని ముగిసే లోపుగా ఆయన మరణించాడు.

ఈ కౌన్సిలర్ ఆర్ఫీరియస్ అనే విచిత్ర వ్యక్తి యెవరు? అతని "ప్రసిద్ధ యంత్రం" నిజంగా ఎలాటిది? అతన్ని గురించీ, అతని యంత్రాన్ని గురించీ నాకు కొంత తెలియ వచ్చింది.

ఆర్ఫీరియస్ అసలు పేరు బెస్లర్. అతను 1680లో జర్మనీలో పుట్టాడు. అతను వేదాంతమూ, వైద్యమూ, చిత్రకళా అభ్యసించి చివరకు "శాశ్వత చలన" యంత్రం కని పెట్టటానికి పూనుకున్నాడు. అలాటి ప్రయత్నం చేసిన వేలాదిమందిలో అతను అత్యంత ప్రఖ్యాతుడేమో. కనీసం అదృష్టవంతుడు. 1745లో చనిపోయేవరకూ అతను తన యంత్రాన్ని ప్రదర్శిస్తూ ఆ రాబడిపైన సుఖంగా జీవించాడు.

1714లో ప్రదర్శితమైన ఆర్ఫీరియస్ యంత్రం తాలూకు రేఖా చిత్రం ఒక పాత పుస్తకంలో ఎలా వుండినదీ చిత్రం 49 చూపుతుంది. అందులో గల పెద్ద చక్రం దానంతట అది తిరిగినట్టు కనిపించడమే కాక, పెద్ద భారాన్ని చాలా ఎత్తు ఎత్తింది కూడా.



చిత్రం 49. గ్రేట్ పీటర్ కొనదలచిన స్వయం చోదిత చక్రం. ఆర్ఫీరియస్ నిర్మితం (పాత డ్రాయింగు ఆధారం).

ఆరంభంలో వేరు వేరు సంతలలో ప్రదర్శితమైన యీ ''అద్భుత యంత్రం''యొక్క ఖ్యాతి త్వరలోనే జర్మనీ అంతటా పాకింది. త్వరలోనే ఆర్ఫీరియస్‌కు గొప్పవాళ్ల ప్రాపకం లభించింది. పోలండు రాజు అతనిమీద ఆసక్తి కనబరిచాడు. తరవాత హెసెన్ - కాసెల్ ప్రభువు ఆర్ఫీరియస్‌కు పోషకుడై అతని యంత్రానికి తన కోటలో స్థానమిచ్చి, దాని సామర్థ్యాన్ని అన్నివిధాలా పరీక్షించాడు.

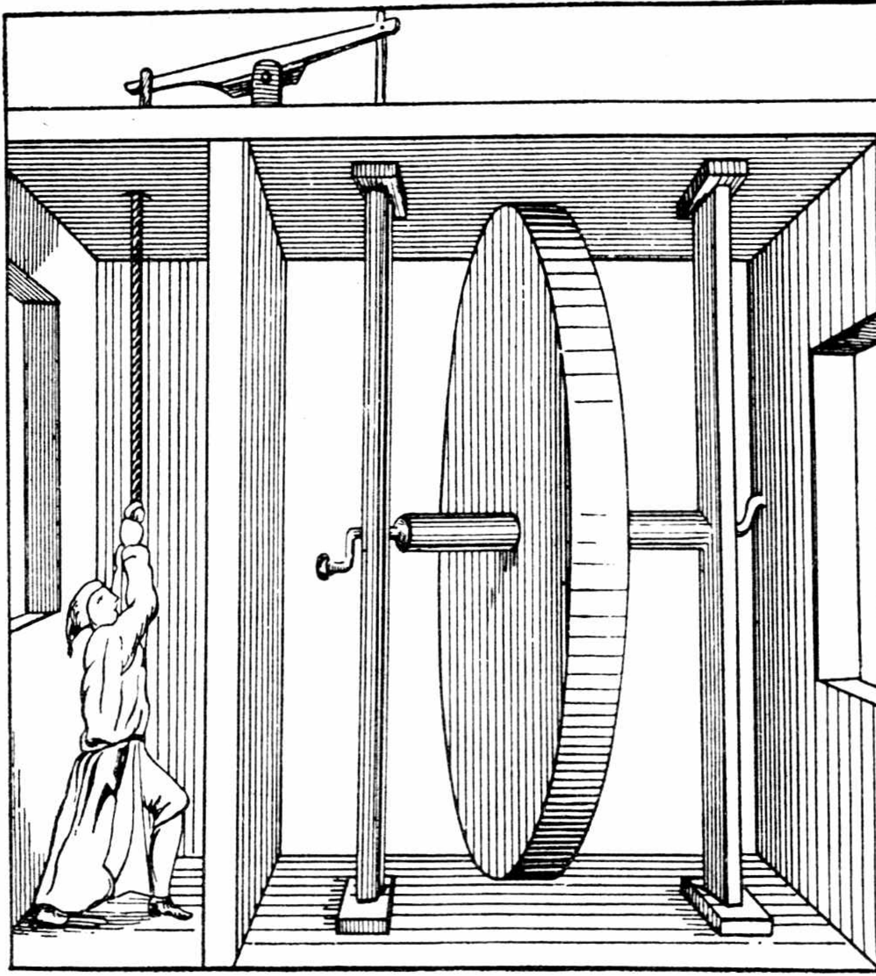
1717 నవంబరు 12న యీ యంత్రాన్ని విడిగా ఒక గదిలో పెట్టి ఆడించారు. తరవాత గదికి తాళం వేసి, సీలు వేసి ద్వారంవద్ద ఇద్దరు భటులను కాపలా ఉంచారు. పద్నాలుగు రోజులపాటు ఆ ఛాయలకెవరూ వెళ్లలేదు. నవంబరు 26న గది తెరిచి ప్రభువు తన పరివారంతో సహా గది ప్రవేశించాడు. ''తరగని వేగం''తో చక్రం ఇంకా తిరుగుతూనే ఉన్నది. చక్రాన్ని ఆపి శ్రద్ధగా పరీక్షించి మళ్లీ ఆడించారు. గదికి మళ్లీ తాళం పెట్టి, సీలు వేసి, భటులను కాపు పెట్టి 40 రోజుల అనంతరం 1718 జనవరి 4న కొందరు నిపుణులు గది ప్రవేశించారు. చక్రం తిరుగుతూనే ఉన్నది.

ప్రభువుకు ఇంకా తృప్తి కలగలేదు. దానికి మూడో పరీక్ష పెట్టాడు. యంత్రాన్ని పూర్తిగా రెండు మాసములపాటు గదిలో బంధించి ఉంచారు.

అప్పటికీ చక్రం తిరుగుతూనే వుండటం చూసి ఆయన సంతోషించి దానికొక యోగ్యతా పత్రం యిచ్చాడు. ఆ ''శాశ్వత చలన'' యంత్రం నిమిషానికి 50 చుట్లు తిరుగుతుందనీ, 16 కి.గ్రాముల బరువును ఒకటిన్నర మీటరు ఎత్తు ఎత్తగలదనీ, సానపట్టు రాయిని తిప్పి, కమ్మరి తిప్పి కూడా ఆడించగలదని ఆ పత్రంలో ఉన్నది. యీ యోగ్యతా పత్రాన్ని చేతబట్టుకుని ఆర్ఫీరియస్ యూరప్ యీ చివరనుంచి ఆ చివరకు తిరిగాడు. అతను ఆ యంత్రాన్ని పీటర్ చక్రవర్తికి లక్ష రూబుళ్లకు తక్కువైతే అమ్మనన్నాడంటే అతను చాలా డబ్బు గడించి ఉండాలి.

యీ అద్భుత యంత్రం ఖ్యాతి త్వరితంగా వ్యాపించింది. చివరకు అది పీటర్ చక్రవర్తి చెవిన కూడా పడింది. ఆయనకు విచిత్రమైన యుక్తితో కూడిన వస్తువులంటే చాలా ఇష్టం. అందుచేత ఆయనకు దీనిని గురించి ఆసక్తి కలిగింది.

1715లో ఆయన దేశాంతరాలలో సంచారం చేస్తున్నపుడే దీనిని గురించి విని దాన్ని చూడమని ఎ. ఐ. అస్టర్మన్ అనే ప్రసిద్ధుడైన రాజతంత్రజ్ఞుణ్ణి పురమాయించాడు. అస్టర్మన్‌కి స్వయంగా యంత్రాన్ని చూడడం పడలేదు. కాని ఆయన దాన్ని గురించి బోలెడన్ని వివరాలు పంపాడు. ఆర్ఫీరియస్‌ను ఆహ్వానించి గొప్ప ''కాల్పనికుడు'' (ఇన్వెంటరు)గా తన ఆ స్థానంలో ఉంచుకుందామన్న ఆలోచన కలిగి పీటర్ చక్రవర్తి క్రిస్టియన్ వుల్ఫ్ అనే ప్రసిద్ధ తత్వవేత్తను సలహా అడిగాడు.



చిత్రం 50. ఆర్ఫీరియస్ యంత్రంలోని రహస్యం (పాత డ్రాయింగు ఆధారం).

ఆర్ఫీరియస్‌కు కుప్ప తెప్పలుగా ఆహ్వానాలు ఒకదాన్ని మించి మరొకటి వచ్చాయి. రాజులూ, ప్రభువులూ అతనికి ఘనమైన బహుమతులు పంపారు. అతని అద్భుత చక్రంమీద కవులు గీతాలల్లారు. అయితే అతను మోసకారి అనుకున్నవారు కూడా వున్నారు. కొందరు సాహసులు ఆ మాటనే పైకి అని, అతని మోసం బైటపెట్టినవారికి వెయ్యి మార్క్ (జర్మన్ నాణెం)లు బహుమతి కూడా ప్రకటించారు. అతనిమీద ప్రకటించబడిన వ్యంగ్య చిత్రం 50లో చూపబడింది. అందులో యంత్రంయొక్క కిటుకు అతి తేలికగా వ్యక్తం చెయ్య బడింది. చక్రాన్ని మోసే స్తంభాల చాటున ఉండే ఇరుసుకు కట్టిన తాడును మాటున ఉన్న ఒక వ్యక్తి లాగుతుంటాడు.

6 Зак. 17269

అసలు రహస్యం కౌన్సిలరుగారి భార్యకూ, పనిమనిషికీ తెలుసు, అతను వారిద్దరితో పోట్లాటపెట్టుకున్న కారణంగా అది కాస్తా బయటపడింది. లేకపోతే మనం యీనాటికీ ఆ రహస్యం ఏమిటా అని మధ్యన పడుతూ ఉండే వాళ్లమే. ఆ యంత్రాన్ని తిప్పినది నిజంగా మాటున దాగిన మనిషే. ఆర్ఫిరియస్ తమ్ముడో పనిమనిషో యీ పని చేసేవాళ్ళు — ఒక సన్నని తాడును పట్టి లాగుతుండేవాళ్లు.

అయితే కౌన్సిలరుగారు యీ సంగతి బయటపడ్డాక తెల్లమొహం వెయ్యలేదు. తన భార్యా, పనిమనిషీ తనమీద కసితో తనపైన అభాండాలు వేశారని అతను చచ్చిపోతూ కూడా ఉద్ఘాటించాడు. కాని అతనిపై నమ్మకం దెబ్బతిన్నది. అందుకే జారు దూత అయిన షుమాహెర్‌తో మనుష్యులు ద్వేషపూరితులని నొక్కిచెప్పి ఉంటాడు.

ఇదే సమయంలో జర్మనీలో మరొక ''శాశ్వత చలన'' యంత్రం కనిపెట్టినవాడుండేవాడు. ఆయన పేరు హెర్ట్నర్. యీ యంత్రాన్ని గురించి షుమాహెర్ ఇలా రాశాడు: ''హెర్ట్నర్‌గారి Perpetuum mobile డిజైన్‌లో చూశాను. ఇందులో ఒక టార్పాలిను గుడ్డలో ఇసుక నింపి ఉన్నది. ఒక సానపట్టు యంత్రాన్ని పోలి ఉన్నది. అది తనంతటతాను వెనక్కీ ముందుకూ ఆడుతుంది. దాన్ని ఇంతకంటె పెద్ద ప్రమాణంలో చెయ్యడం సాధ్యం కాదని యంత్ర నిర్మాత అంటున్నాడు.'' ఇందులో కూడా ''శాశ్వత చలనం'' లేదనడానికి సందేహం లేదు. దీనిలో కూడా ఏదో రహస్యమైన కిటుకుతో దాచబడిన మనిషి సహాయంతో తిరిగే ''జీవంగల యంత్రం''గా పనిచేసింది. ఏమాత్రం శాశ్వతం కాదు! ఇంగ్లీషు, ఫ్రెంచి నిపుణులు '''శాశ్వత చలనం' గురించి వెటకారంగా మాట్లాడి అది గణితశాస్త్ర సూత్రాలకు విరుద్ధమంటున్నారని'' షుమాహెర్ చెప్పిన మాట యథార్థం.

అయిదవ అధ్యాయం

ద్రవాలూ, వాయువులూ వాటి ధర్మములు

రెండు కాఫీపాత్రల సమస్య

చిత్రం 51లో ఒకే వెడల్పు గల రెండు కాఫీపాత్రలున్నాయి. అయితే వాటిలో ఒకటి రెండోదానికన్న ఎత్తు. ఎందులో ఎక్కువ కాఫీ పట్టుతుంది?

ఆలోచించకుండా చెప్పేవాడు ఎత్తుదానిలో ఎక్కువ పట్టుతుందనవచ్చు. అయితే మనం దాని ''కొమ్ము'' ఉండే ఎత్తుకు మాత్రమే పాత్రను నింపగలుగుతాం. అంతకన్న ఎక్కువ పోస్తే కొమ్మునుంచి కారిపోతుంది. రెండు పాత్రల కొమ్ములు ఒకే ఎత్తు కలిగి ఉండడంవల్ల పొట్టిదానిలో పట్టినంతే ఎత్తుదానిలో కూడా పట్టుతుంది.

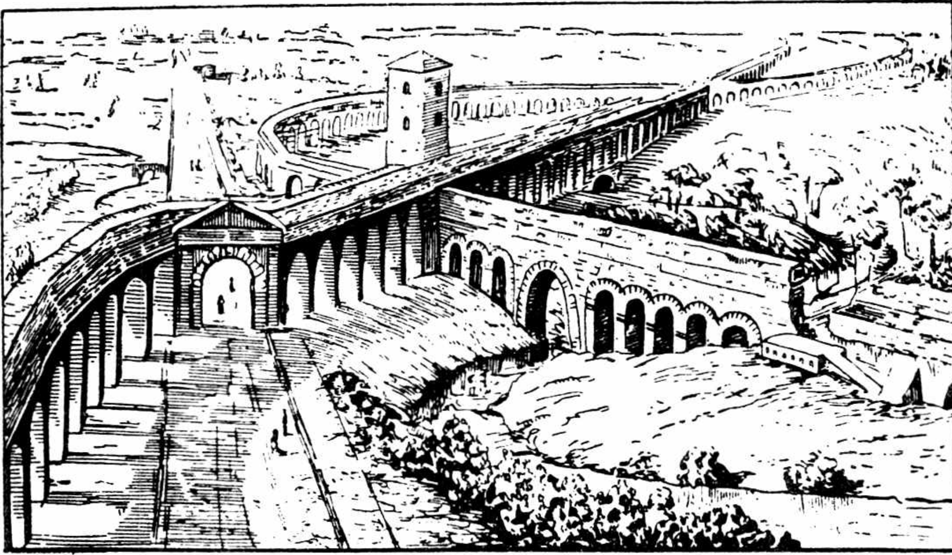


చిత్రం 51. ఎందులో ఎక్కువ కాఫీ పట్టుతుంది?

కారణం సులువుగా తెలుసుకోవచ్చు. కాఫీపాత్రలు ''కొమ్ము'' కలిసి ఉన్న సంధాన పాత్రలు: అందుచేత, ఒక్క పాత్రలో మాత్రమే ఉండే ద్రవంయొక్క బరువు ''కొమ్ము''లో ఉండే ద్రవం బరువుకన్న ఎక్కువ అయినప్పటికీ రెంటిలోనూ ద్రవం ఒకే మట్టంలో వుంటుంది. కొమ్ము తగినంతగా ఎత్తుగా లేకపోతే కాఫీపాత్రను నింపడం అసాధ్యం: ఎంత పోసినా కొమ్ములోనుంచి కారిపోతూనే వుంటుంది. సాధారణంగా పాత్రకన్న కొమ్ము ఎత్తుగా వుంటుంది. అలా వుండడంచేత పాత్రను కొంచెం వంచినా ద్రవం వలకకుండా వుంటుంది.

ప్రాచీనుల అజ్ఞానం

రోమనులు యీనాటికి కూడా పూర్వీకులు నిర్మించిన నీటి గొట్టములలో నిలిచి వున్న వాటిని వుపయోగించుకుంటున్నారు. ఆనాటి రోమను బానిసలు గట్టి పని చేసినందుకు మనము మెచ్చుకోవచ్చు, కాని వారిచేత పని చేయించిన నిర్మాణ నిపుణులను మెచ్చుకోలేము. వారి భౌతిక విజ్ఞానశాస్త్ర ప్రాథమిక జ్ఞానం అసమగ్రమయినదని స్పష్టమవుతున్నది. మ్యూనిచ్ (జర్మనీ)లోని మ్యూజియంలో భద్రపరచిన బొమ్మ చిత్రం 52లో చూపబడింది. రోమనులు నీటి గొట్టములను భూమిలో ఉంచక భూమిపై ఎత్తుగా రాతిస్తంభాలపై



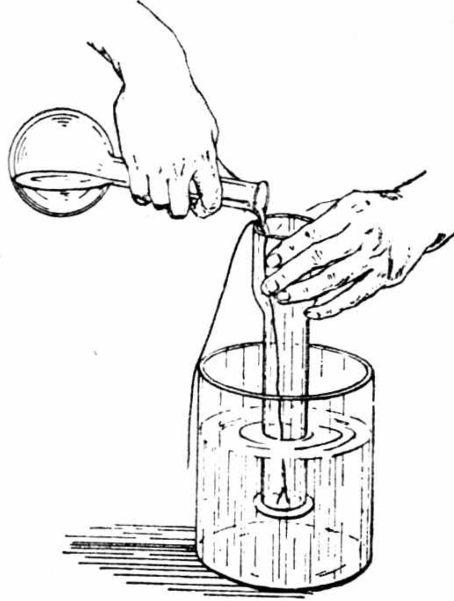
చిత్రం 52. ప్రాచీన రోములోని నీటి తూములు.

అమర్చారు. ఎందుచేత? యీనాడు మనం నీటి గొట్టాలను భూమిలోపల అమర్చే పద్ధతి తేలిక కాకనా? ఆనాటి రోమను నిపుణులకు "సంధాన పాత్రల" నియమాలు స్పష్టంగా తెలియవు. రెండు జలాశయాల (రిజర్వాయర్ల) మధ్య దీర్ఘమయిన గొట్టం అమర్చితే నీరు రెంటిలోనూ ఒకే మట్టానికి రాలేదనుకున్నారు. అలాగే గొట్టాలు అమర్చేటప్పుడు నేలమీద ఎగుడు దిగుళ్లుంటాయి కనక, గొట్టం ఎత్తునెక్కినప్పుడు నీరు దానితోబాటు ఎక్కలేదని రోమనులు భయపడ్డారు. అందుకే వారు తమ నీటి గొట్టాలను ఆరంభంనుండి అంతందాకా వాలు వుండేటట్టు నిర్మించారు. వారు నీటి గొట్టాలను తరుచు చుట్టు తిప్పి తీసుకుపోవడమో ఆర్చీలు నిర్మించి వాటిమీదగా తీసుకుపోవడమో చేశారు. ఆక్వా

మార్చియా అనబడే రోము నగరంలోని ఒక నీటి గొట్టం 100 కిలోమీటర్ల పొడుగున్నది. కాని దాని మొదలుకు చివరకు మధ్య వుండే సూటి దూరం 50 కిలోమీటర్లు మాత్రమే. ఆ కాలపు రోమనులు భౌతిక విజ్ఞానశాస్త్రపు మూల సూత్రాలు తెలియని కారణంచేత 50 కిలోమీటర్లు అధికంగా నిర్మాణం చేశారు.

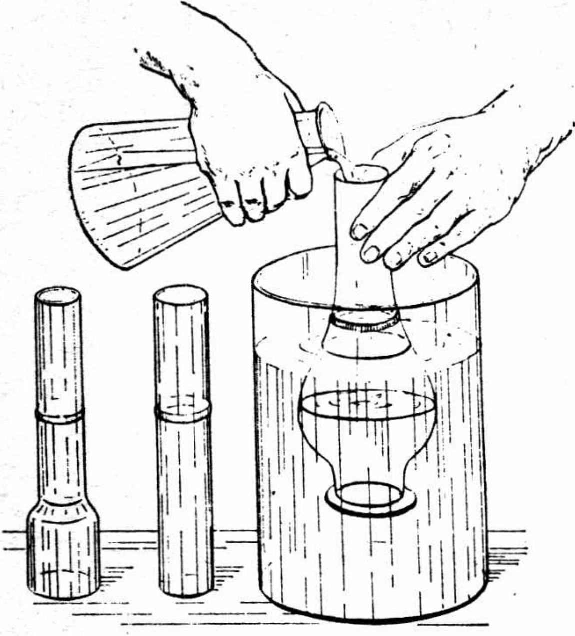
ద్రవాల ఊర్ధ్వ పీడనం

పాత్రలలో ద్రవాలు పోస్తే అవి పాత్రల అడుగునా పక్కలా కూడా వత్తిడి (పీడనం) కలిగిస్తాయని భౌతిక విజ్ఞానశాస్త్రం చదువుకోనివారికి కూడా తెలుసు. ద్రవాలకు ఊర్ధ్వ పీడనం ఉంటుందన్న సంగతి మట్టుకు చాలామందికి తెలీదు. గాజు చిమ్నీతో గాని లేక వెడల్పైన గాజు గొట్టముతో గాని యీ విషయం రుజువు చేయవచ్చు. చిమ్నీ పైభాగంకన్న వెడల్పుగా ఉండేటట్టుగా మందమయిన అట్ట బిళ్ల తయారుచేయండి. దానితో చిమ్నీ పైభాగం మూసి చిత్రం 53లో చూపిన ట్టుగా నీళ్ల తొట్టిలో తలకిందుగా ఉంచండి. అట్టబిళ్ల జారిపోకుండా దానికి ఒక దారం చిత్రంలో చూపినట్టుగా అమర్చండి. ఆ దారాన్ని వేలితో లాగిపట్టి చిమ్నీని నీటిలోకి లోతుగా ముంచండి. లేదా అట్టను వేలితో నొక్కిపట్టి ఉంచవచ్చు. ఇప్పుడు దారాన్ని వదిలిపెట్టవచ్చు (లేదా వేలును తీసెయ్యవచ్చు). నీటియొక్క ఊర్ధ్వ పీడనంవల్ల అట్టముక్క పడిపోకుండా అలాగే ఉంటుంది.



చిత్రం 53. ద్రవాలలో ఊర్ధ్వ పీడనం నిరూపించే తేలిక పద్ధతి.

కావలిస్తే ఈ ఊర్ధ్వ పీడనాన్ని కొలవ వచ్చు. జాగ్రత్తగా చిమ్నీలోకి నీరు పోయడం ఆరంభిస్తే చిమ్నీలో నీటి మట్టం దాని వెలపల ఉండే నీటి మట్టానికి సమమయే సరికి బిళ్ల పడిపోతుంది. అంటే చిమ్నీలోని నీటియొక్క అధః పీడనం తొట్టిలోని నీటియొక్క ఊర్ధ్వ పీడనానికి సమమయుందన్నమాట. నీటిలో బిళ్ల ఎంత లోతున ఉన్నదో అంత ఎత్తు నీటి



చిత్రం 54. పాత్ర దిగువభాగాన ద్రవం కలిగించే పీడనం అడుగు భాగంయొక్క వైశాల్యంమీద, ద్రవం ఉండే ఎత్తుమీద మాత్రమే ఆధారపడి ఉంటుంది. ఈ సంగతి నిరూపించే మార్గం చిత్రంలో చూడవచ్చు.

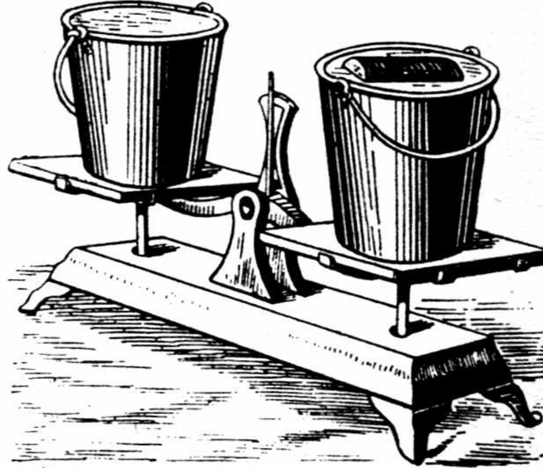
స్తంభం కలిగించే అధః పీడనానికి ఊర్ధ్వ పీడనం సమానం. ద్రవాలలో మునిగిన వస్తువులపై ద్రవాలు పీడనం కలిగించేది ఈ సూత్రం ప్రకారమే. ఇందుచేతనే ద్రవాలలో పదార్థాల బరువు తగ్గుతుంది. ఈ తరుగుదలనే సుప్రసిద్ధమైన ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం పేర్కొంటుంది.

పైభాగాలు మాత్రం ఒకే ప్రమాణం కలిగి, ఆకారాలు భిన్నంగా ఉండే అనేక చిమ్నీలను ఉపయోగించి, ద్రవాలకు సంబంధించిన మరొక సూత్రాన్ని నిరూపించవచ్చు. అదేమిటంటే ద్రవాలు పాత్రల అడుగు భాగాన కలిగించే పీడనం, అడుగుయొక్క వైశాల్యంపైన ద్రవ ''స్తంభం''యొక్క ఎత్తుపైన ఆధారపడి ఉంటుంది. కాని పాత్రయొక్క ఆకారంపై ఆధారపడదు. ఈ సూత్రాన్ని ఇలా నిరూపించవచ్చు. భిన్న ఆకారాలు గల చిమ్నీలను తీసుకుని వాటిని ఒకే లోతుకు ముంచండి. పొరపాటు రాకుండా ఉండగలందులకు చిమ్నీలన్నిటికి దిగువనుంచి ఒకే ఎత్తున కాగితం ముక్కలు అంటించవచ్చు. ఇంతకు ముందు ప్రయోగంలో ఉపయోగించిన అట్టబిళ్ల చిమ్నీలలో పోసే నీరు గుర్తుపెట్టిన మట్టానికి రాగానే పడిపోతుంది (చిత్రం 54). దీనినిబట్టి చిమ్నీల ఆకారం ఎలా వున్నప్పటికీ ద్రవస్తంభం యొక్క ఎత్తు, అడుగుయొక్క వైశాల్యం ఒకటిగా ఉన్నంత సేపు ఆ ద్రవస్తంభం కలిగించే పీడనం ఒకటిగానే ఉంటుంది. ఒక ముఖ్యవిషయం: ద్రవస్తంభంయొక్క ఎత్తు ప్రధానం, కాని దాని నిడివి కాదు. ద్రవ స్తంభం ఏటవాలుగా ఉన్నప్పుడు దాని నిడివి హెచ్చుగా ఉండవచ్చు కాని అది కలిగించే పీడనం ఆ ద్రవ స్తంభ మంత ఎత్తు కలిగించే పీడనాన్ని మాత్రమే కలిగిస్తుంది, — అడుగు భాగంయొక్క వైశాల్యం మట్టుకు ఒకటిగా ఉండాలి.

దేనిబరువు హెచ్చు?

ఒకే ప్రమాణం గల రెండు బొక్కెనలు తీసుకోండి. రెంటినీ పూర్తిగా నీటితో నింపండి. ఒకదానిలో ఒక కొయ్యముక్క ఉంచండి. రెంటినీ కాటామీద ఉంచండి (చిత్రం 55). ఏది ఎక్కువ బరువు?

నేను ఈ ప్రశ్న అడిగినప్పుడు వేరు వేరు మనుషులు విరుద్ధమైన సమాధానాలు చెప్పారు. కొయ్యముక్క అదనంగా ఉన్న బొక్కెనలో నీరునిండా ఉండడమే కాక కొయ్యముక్క కూడా ఉన్నది. కనక, అదే బరువని కొందరు అన్నారు. కొయ్యకన్న నీరు బరువు కనక, కొయ్యముక్కలేని బొక్కెనే యెక్కువ బరువని మరి కొందరన్నారు.



చిత్రం 55. రెండు బొక్కెనల నిండా నీరున్నది. ఒకదానిలో మట్టుకు కొయ్యముక్క తేలుతున్నది. ఏ బొక్కెన బరువు హెచ్చు?

రెండు సమాధానాలు తప్పే. రెండు బొక్కెనలు సమంగానే తూగుతాయి. కొయ్యముక్క కొంత నీటిని తొలగిస్తుంది కనక, అది ఉన్న బొక్కెనలో నీరు తక్కువ వుండే మాట నిజమే. కాని "ప్లవన" సూత్రం ప్రకారం ద్రవంలో తేలే ఏ వస్తువయినా తన బరువుకు సమమయిన బరువుగల ద్రవాన్ని సూత్రమే తొలగిస్తుంది. అందుచేత రెండు బొక్కెనల బరువూ సమంగానే ఉంటుంది.

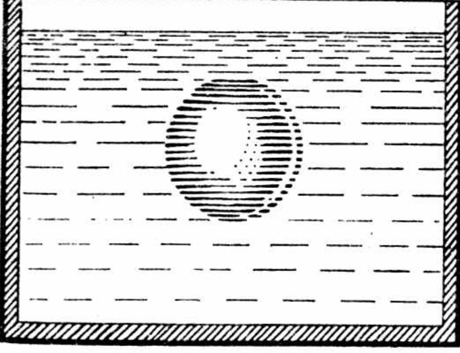
ఇంకొక సమస్య విప్పండి. ఒక గ్లాసులో కొంత నీరు పోసి, దానిని ఒక చిన్న బరువుతో సహా తూచండి. తరవాత ఆ బరువును గ్లాసులో ఉండే నీటిలో పడేసి గ్లాసును మళ్లీ తూచండి. తూకంలో ఎలాటి మార్పుంటుంది?

ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం ప్రకారం నీటిలో ఉండే "బరువు" తన అసలు భారంలో కొంత భారాన్ని కోల్పోతుంది. అందువల్ల గ్లాసుయొక్క బరువు రెండవ సారి తగ్గాలి. కాని అలా జరగదు. ఎందుచేత?

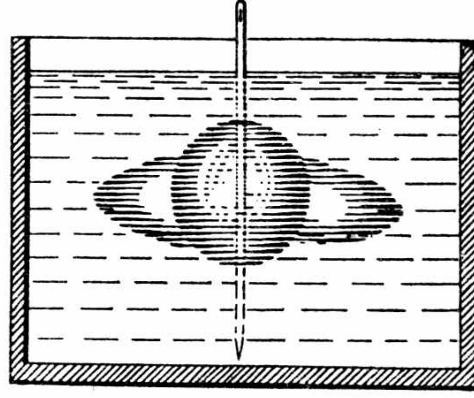
"బరువు"ను గ్లాసులో పడవెయ్యగానే దానిలోని నీటి మట్టం పైకి లేస్తుంది. అందుచేత పాత్ర అడుగుపైన ఆ నీరు కలిగించే పీడనం పెరుగుతుంది. ఈ పెరుగుదల కారణంగా పాత్ర అడుగు అధికమైన ఒత్తిడికి లోనగుతుంది. దాని పెరుగుదల "బరువు" పోగొట్టుకున్న భారానికి సమంగా ఉంటుంది.

ద్రవాల సహజ ఆకారము

ద్రవాలకు తమ స్వంత ఆకారము ఉండదని మనం అనుకుంటాం. అది నిజం కాదు. ప్రతి ద్రవానికీ స్వభావసిద్ధంగా ఉండే ఆకారము గోళాకారం. ద్రవాలు ఈ ఆకారం ధరించకుండా చేసేది గురుత్వాకర్షణే. పాత్రలోనుంచి వలకిన ద్రవం పలచని పొరగా వ్యాపిస్తుంది. లేదా పాత్రలో ఉన్నప్పుడు దాని ఆకారాన్ని కలిగి ఉంటుంది. కాని ఒక ద్రవాన్ని



చిత్రం 56. నీరు చేర్చిన అల్కహాలులో నూనె గోళాకారం ధరిస్తుంది. అది మునగదు, తేలదు (ప్లాటో చేసిన ప్రయోగం).



చిత్రం 57. చువ్వ సహాయంతో నూనె బిందువును తిప్పినప్పుడు వలయం ఏర్పడుతుంది.

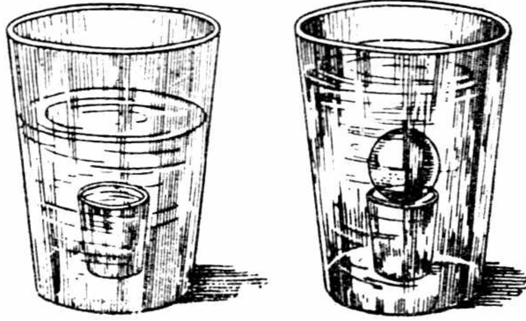
అదే విశిష్ట గురుత్వముకల మరొక ద్రవంలో ప్రవేశపెట్టినప్పుడు ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం ప్రకారం దాని భారమంతా పోయి భారరహితమయినట్టవుతుంది. అప్పుడు దానిపై గురుత్వాకర్షణశక్తి పనిచెయ్యదు; అది తన సహజ ఆకారమైన గోళాకారం ధరిస్తుంది.

ఆలివునూనే నీటిపై తేలుతుంది. అల్కహాలులో మునుగుతుంది. అందుచేత నీటిని అల్కహాలును తగిన అనుపాతంలో కలిపి ఆలివునూనె అందులో మునగకుండానూ తేలకుండానూ చేయవచ్చు. ఈ మిశ్రమంలోనికి ఫిల్టరుతో కొంత ఆలివునూనె వదిలినట్టయితే అది ఒక పెద్ద ''బిందువు''లాగా ఒకే చోట కూడుకుంటుంది. అది పైకి రాక, క్రిందికి పోక మధ్యలో వ్రేలాడుతూంటుంది (చిత్రం 56). (దాని వాస్తవ గోళాకారం కనపడాలంటే ఈ ప్రయోగాన్ని పలకల పాత్రలో చెయ్యాలి – మరొక రకం పాత్రలో చేసినప్పటికీ దాన్ని నీటితో నిండిన పలకల పాత్రలో ఉంచాలి.)

ఈ ప్రయోగాన్ని ఓర్పుతోను, శ్రద్ధతోను చెయ్యాలి. లేకపోతే ఒక్క పెద్ద బిందువు రావడానికి బదులు చిన్నచిన్న బిందువులు ఏర్పడతాయి. ప్రయోగం సరిగా సాగకపోతే నిస్పృహ చెందవద్దు, అప్పటికీ దానిద్వారా కొంత తెలుస్తుంది.

ఈ ప్రయోగాన్ని కొంచెం పొడిగిద్దాం. ఒక పొడుగైన పుల్లగాని, చువ్వగాని తీసుకొని నూనె బిందువులోకి గుచ్చి, త్రిప్పడం ప్రారంభించండి. బిందువు కూడా తిరుగుతుంది. (పుల్లకు నూనెలో ముంచి తీసిన చిన్న గుండ్రని అట్టముక్క ఒకటి కట్టి, అది నూనె బిందువులో ఉండేటట్లు చేసి తిప్పితే ఫలితం ఇంకా బాగుంటుంది.) త్రిప్పడంవల్ల బిందువులో సం పీడనం కల్గి దానినుంచి ఒక వలయం వెలువడుతుంది (చిత్రం 57). ఆ వలయం బిందువు నుంచి వేరు పడినప్పుడు క్రొత్త బిందువులు ఏర్పడి మధ్య వుండే బిందువు చుట్టు పరిభ్ర మించుతాయి.

ఈ జ్ఞానప్రదమైన ప్రయోగాన్ని మొట్టమొదట చేసినవాడు ప్లాటో అనే బెల్జియన్ శాస్త్రవేత్త. దాన్ని సాంప్రదాయిక పద్ధతిలో వివరించాను. ఇదే ప్రయోగాన్ని మరొక విధంగా కూడా చేయవచ్చు. అది తేలికైన పద్ధతి. ఒక చిన్న లోటాను నీటితో కడిగి ఆలివునూనెతో



చిత్రం 58. ప్లాటో ప్రయోగానికి సులువు మార్గం.

నింపండి. దాన్ని ఒక పెద్ద పాత్రలో ఉంచండి. చిన్న లోటా మునిగినదాకా పెద్ద పాత్రలో జాగ్రత్తగా అల్కహాలు పొయ్యండి. తరువాత ఒక చంచాతో నీరు తీసుకొని పెద్ద పాత్ర అంచువెంబడి కారేలాగా పోస్తూ వెళ్ళండి. చిన్న లోటాలో ఉండే నూనె పైభాగం ఉబుక నారంభిస్తుంది. తగినంత నీరు అల్కహాలులో చేరినమీదట నూనే లోటానుంచి బంతిలాగా లేచి అల్కహాలు, నీరు మిశ్రమంలో వేలాడుతూ ఉండిపోతుంది (చిత్రం 58).

అల్కహాలు లేని పక్షంలో ఆనిలీన్ వాడవచ్చు. ఆనిలీన్ ద్రవం. అది మామూలుగా నీటికన్న బరువు, కాని 75 — 85 సెంటిగ్రేడ్ డిగ్రీలకు కాచినప్పుడది నీటికన్న తేలికగా ఉంటుంది. నీటిని కాచినట్టయితే ఆనిలీన్ అందులో ఈది పెద్ద బిందువుగా కూడుకుంటుంది. మామూలు శీతోష్ణస్థితిలో కూడా ఆనిలీన్ బిందువులను ఉప్పు ద్రావణంలో వేళ్లాడేలాగా చేయవచ్చు.*

సీసంగుండ్లు గుండ్రంగా ఎందుకుంటాయి?

గురుత్వాకర్షణ లేని పక్షంలో ఏ ద్రవమైనా గోళాకారం ధరిస్తుందని ముందే చెప్పాను. కిందపడే వస్తువులకు బరువుండదని చెప్పిన మాట కూడా జ్ఞాపకముంచుకోవాలి, పతనారంభదశలో స్వల్పమైన గాలి నిరోధాన్ని పరిగణించే అవసరము లేదని కూడా గ్రహిద్దాం.** దీనినిబట్టి పతనం చెందే ద్రవ బిందువులు గోళాకారం ధరించాలన్నది స్పష్టమవుతుంది. ఆ మాట వాస్తవమే. వానచినుకులు గోళాకారంగానే ఉంటాయి. సీసంగుండ్లను తయారు చేసేటప్పుడు, కరిగించిన సీసాన్ని బొట్లుబొట్లుగా, చాలా ఎత్తునుంచి చల్లని నీటిలో పడేలాగా చేస్తారు. అవి ఘనీభవించి నిర్దుష్టమైన గోళాకారం ధరిస్తాయి.

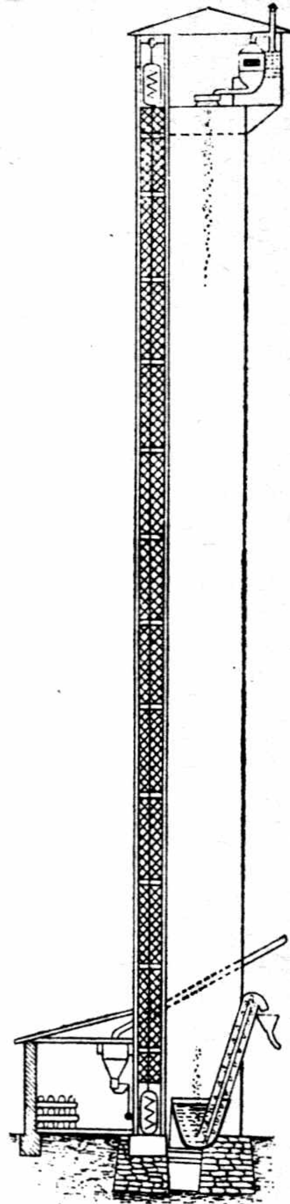
---

* ఆర్తొటొలుయిడీన్ అనే ముదురు కెంపురంగుగల ద్రవం కూడా ఇందుకు పనికి వస్తుంది. 24° C ఉష్ణములో దీని సాంద్రత ఉప్పు ద్రావణపు సాంద్రతకు సమంగా ఉంటుంది. ఇందులో దానిని పోయవచ్చు.

1963వ సంవత్సరంలో రోదసీనౌకలు "వస్తోక్ — 3," "వస్తోక్ — 4" కలిసి అంతరిక్షయానం చేస్తూన్న సమయంలో సోవియట్ అంతరిక్ష యాత్రికులు నికొలాయెవ్, పొపొవిచ్ భారరహిత స్థితిలో ద్రవముల ప్రవర్తనపై పరంపరగా ప్రయోగాలు చేశారు. కొన్ని ఫలితాలు అనుకున్నవాటికి విరుద్ధంగా వచ్చాయి. ఉదాహరణకు గుండ్రని ఫ్లాస్కులో పోసిన ద్రవం ఫ్లాస్కు మధ్యలో గోళాకారంగా కూడుకొంటుందని ఎదురుచూస్తే, అలాకాక ఆ ద్రవం ఫ్లాస్కు ప్రక్కలకు తన్నుకొని మధ్యలో గాలి బుడగకి తావిచ్చింది. అయితే ఈ సందర్భంలో గాలినీ నీటినీ వేరుపరచు తలముయొక్క వైశాల్యం కనిష్ఠమైనదని గ్రహిస్తే ద్రవంయొక్క ప్రవర్తన సుబోధకమవుతుంది. — సం.

** వర్షబిందువులు పతనారంభదశలో మాత్రమే వేగవృద్ధి పొందుతాయి; మొదటి సెకండు ముగిసే లోపునే వాటికి స్థిర వేగం ఏర్పడుతుంది. వాయునిరోధం బిందువుయొక్క వేగంతోపాటు వృద్ధి చెందుతున్నది గనుక, బిందువు బరువును వాయునిరోధం హరించేస్తుంది.

సీసంగుండ్లను తయారుచేసే నిర్మాణాన్ని "టవర్ షాట్" అని కూడా అంటారు. ఎందుచేతంటే వాటిని తయారుచేయ డానికి కరిగిన సీసపు బిందువులను ఎత్తైన "టవరు" నుంచి జారవిడుస్తారు (చిత్రం 59). ఈ టవర్లు 45 మీటర్ల ఎత్తుండి, లోహంతో నిర్మాణమవుతాయి. వాటి పైభాగాన గుండ్లు పోసే కార్ఖానా ఉంటుంది; అందులో కరిగించేందుకు బాయిలర్లుంటాయి. టవర్లకు దిగువన నీటి తొట్టెలుంటాయి. తయారైన గుండ్లను సైజువారీగా విభజించి సిద్ధపరుస్తారు. కరిగిన సీసపు బొట్లు పడే సమయంలోనే ఘనీభవిస్తాయి. నీటి తొట్టెల ఉపయోగం గుండ్లకు దెబ్బతగలకుండాను, వాటి గోళాకారం చెడిపోకుండాను, ఉంచటానికే. (6 మిల్లీమీటర్ల కంటె హెచ్చు వ్యాసంగల గుండ్లను "కేనిస్టర్ షాట్" అంటారు. వాటిని ఇలా తయారుచేస్తారు, తీగముక్కలు కత్తిరించి, వాటిని గోళాకారంలోకి రోల్ చేస్తారు.)



చిత్రం 59. సీసపు గుండ్లు తయారుచేసే "టవరు."

"అగాధమైన" వైనుగ్లాస్

ఒక వైనుగ్లాసు నిండా అంచుదాకా నీరు నింపండి. కొన్ని గుండుసూదులు తీసుకోండి. వైనుగ్లాసులో ఇంకా రెండు గుండుసూదులకు చోటుందేమో? వేసి చూడండి.

లెక్క పెడుతూ ఒక్కొక్క గుండుసూదినే నీటిలో పడెయ్యండి. కాని, జాగ్రత్త. గుండుసూది తల పట్టుకుని, దాని మొన నీటిలో ముంచి, నీటిని కదపకుండా నింపాదిగా జారవిడవండి. మీరు వేసే మూడు గుండుసూదులు నీటి అడుగున పడతాయి. కాని నీటి మట్టం అలాగే ఉంటుంది. పది వెయ్యండి, మరో పది, ఇంకో పది వెయ్యండి నీరు పొర్లిపోదు. ఒక వంద గుండుసూదులు వేసినా కూడా నీరు పొర్లిపోలేదు (చిత్రం 60).

గ్లాసు అంచు దాటి చెప్పుకోదగినంతగా పైకి రాను కూడా రాలేదు. ఇంకా గుండుసూదులు వేస్తూపోండి. ఇప్పుడు వందల సంఖ్యలోకి పోవచ్చు. 400 గుండుసూదులు వేసినా



చిత్రం 60. గ్లాసులో ఎన్ని పిన్నులు చేర్చవచ్చు?

నీరు పొర్లదు. కాని నీటి ఉపరితలం అంచుకు పైగా ఉబికి ఉండడం కనిపిస్తుంది. ఆ ఉబుకే ఈ విద్యారం వెనక గల రహస్యాన్ని బయటపెడుతుంది. జిడ్డుగా ఉండే గ్లాసుకు తడి అంతగా అంటదు. మనం వాడుకునే కప్పుల యొక్క, లోటాలయొక్క అంచులకు మన వేళ్లు తగలడంవల్ల అంతో ఇంతో జిడ్డు ఉంటుంది. వైనుగ్లాసు అంచు కూడా అంతే. దాని అంచు తడవని కారణంచేత, గుండుసూదులు ఆక్రమించిన మేరకు నీరు పైకుబుకుతుంది. కంటితో చూసి తెలుసుకోలేం గాని, గుండుసూదియొక్క ఘనపరిమాణం కనుగొని నీటియొక్క "ఉబ్బుతో" పోల్చినట్టయితే గుండు సూదియొక్క ఘనపరిమాణం ఉబుకయొక్క ఘనపరి మాణంలో సహస్రాంశం కూడా ఉండదని సులువుగా తేలిపోతుంది. కనకనే "నిండా" ఉన్న వైనుగ్లాసులో అనేక వందల గుండుసూదులకింకా స్థలం ఉంటుంది. వైనుగ్లాస్ "మూతి" ఎంత వెడల్పుగా ఉంటే "ఉబ్బు" అంత జాస్తి, గుండుసూదులు అంత హెచ్చు సంఖ్యలో పట్టుతాయి.

విస్పష్టత కోసం సుమారైన లెక్క చేదాం. గుండుసూది నిడివి సుమారు 25 మిల్లి మీటర్లూ, లావు అరమిల్లిమీటరూ ఉంటుంది. జామెట్రీ సూత్రం $\left(\frac{\pi d^2 h}{4}\right)$ ప్రకారం దాని ఘనపరిమాణం అయిదు ఘన మిల్లిమీటర్లు. దాని "తల" కూడా చేర్చినట్టయితే మొత్తం పరిమాణం 5.5 ఘన మి.మీ.

నీటి ఉబ్బుయొక్క పరిమాణం అంచనా వేద్దాం. వైనుగ్లాసు మూతియొక్క వ్యాసం 9 సెం.మీ., అంటే 90 మి.మీ. దాని వైశాల్యం 6,400 చదరపు మి.మీ. "ఉబ్బు" ఒక మిల్లిమీటరుంటుం దనుకుందాం, దాని ఘనపరిమాణం 6,400 ఘన మి.మీ.; యిది గుండు సూది పరిమాణానికి 12 వందల రెట్లు. అంటే నిండా ఉన్న వైనుగ్లాసులో ఇంకా వెయ్యి గుండుసూదులకు పైగా స్థానం ఉన్నదన్నమాట. జాగ్రత్త తీసుకున్నట్టయితే వైను గ్లాసులో వెయ్యి గుండుసూదులు పట్టించవచ్చు. కంటితో చూడడానికి గుండుసూదులు గ్లాసంతా నిండి, "పైకి" వస్తున్నాయని కూడా అనిపిస్తుంది, కాని నీరు పొర్లిపోదు.

పాడు గుణం

కిరసనాయిలు ఎంత ఏడిపించుకు తినేది కిరసనాయిల దీపాల సంగతి చూసేవాళ్లకు తెలుస్తుంది. లాంతరులో నూనె పోసి పైన చక్కగా తుడుస్తాం. ఒక గంట తరవాత అది మళ్లీ తడిగానే ఉంటుంది. తప్పు మనదే.

లాంతరు మూత గట్టిగా బిగించి ఉండం. కిరసనాయిలు పాకి బయటికి వచ్చి ఉంటుంది. ఇలా జరగకుండా ఉండాలంటే మూతని (చిమ్నీ దీపాలలో బర్నరును) గట్టిగా బిగించాలి.*

కిరసనాయిలుకు ఉన్న పాకే గుణం, కిరసనాయిలును, పెట్రోలును వాడే యింజన్లు గల నౌకలలో చాలా చికాకును కలిగిస్తుంది. తగిన విధంగా జాగ్రత్త పడని పక్షంలో అలాటి పడవలలో కిరసనాయిలు తప్ప మరే సరుకు చేర వెయ్యడానికుండదు. ఎందుకంటే ''టాంకు'' లలో కనబడని రంధ్రాలనుంచి కిరసనాయిలు బయటికి పాకి టాంకుల పైభాగాన మాత్రమే గాక నౌక అంతటా విస్తరించి ప్రయాణీకుల దుస్తులకు కూడా వాసన తెప్పిస్తుంది, ఏమి చేసినప్పటికీ యీ వాసన పోదు. కిరసనాయిలుయొక్క ఈ దుర్గుణాన్ని నిరోధించే యత్నాలు సామాన్యంగా ఫలించవు.

జిరోమ్ కె. జిరోమ్ అనే బ్రిటిష్ హాస్య రచయిత ''ఒకే పడవలో ముగ్గురు'' (*Three Men in a Boat*) అనే పుస్తకంలో పారఫీను నూనె (కిరసనాయిలులాటిదే) గురించి రాసినదానిలో అతిశయోక్తి అట్టే ఉన్నదనడానికి లేదు:

''పారఫీను నూనెలాగ స్రవించేదాన్ని నేనెన్నడూ చూడలేదు. దాన్ని పడవ ముందు మొనలో ఉంచాం. అది అక్కడినుంచి చుక్కానిదాకా పాకింది. దారిలో పడవనూ, అందులో ఉండే ప్రతి వస్తువునూ సోకింది, నదిమీదికి పాకింది, ప్రకృతి దృశ్యాలన్నిటినీ ముంచెత్తి, వాతావరణాన్ని కలుషితం చేసింది. ఒకసారి పడమటి నూనె గాలి వీచేది, మరోసారి తూర్పు నూనె గాలి కొట్టేది. ఎప్పుడయినా ఉత్తరపు నూనె గాలి, అప్పుడప్పుడు దక్షిణపు నూనె గాలి కూడా కొట్టేవి. గాలి ధ్రువ ప్రాంతపు మంచుమీదనుంచి గాని, లేదా ఎడారి ఇసుక మీదనుంచి గాని, అది పారఫీను నూనె వాసన మోసుకుని మరీ వచ్చేది.

---

* అయితే ఒక్క విషయం జాగ్రత్త పడాలి — కిరసనాయిలు బుడ్డి నిండుగా ఉండరాదు, ఎందుచేతంటే కిరసనాయిలు వేడికి జాస్తీగా వ్యాకోచిస్తుంది. ప్రతీ 10 డిగ్రీలకు దాని ఘనపరిమాణం ఒక శాతం హెచ్చుతుంది. అందువల్ల బుడ్డి పేలిపోకుండా ఉండాలంటే కిరసనాయిలు వ్యాకోచించడానికి బుడ్డిలో కొంత ఖాళీ ఉంచాలి.

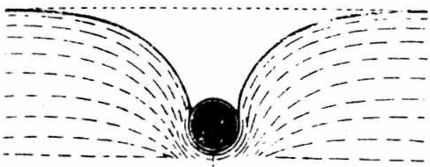
"ఆ నూనె పాకి పాకి సూర్యాస్తసమయాన్ని ధ్వంసం చేసింది. చంద్ర కిరణాల మాట చెప్పనే అక్కరలేదు, ఒక్కటే నూనె కంపు....

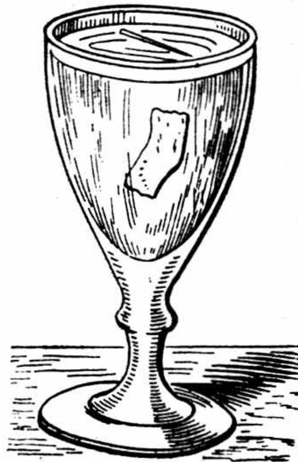
"ఆ వాసననుంచి తప్పించుకొనడానికి బోటును వంతెన దగ్గర కట్టేసి ఊళ్లోకి నడిచి వెళ్లాం, కాని అది మావెంట వచ్చింది. ఊళ్లో ఎక్కడ చూసినా నూనె." (నిజానికి పారఫీను నూనె వాసన కొట్టినది ప్రయాణీకుల దుస్తులే.)

కిరసనాయిలు టాంకుల వెలుపలి భాగాలు కూడా దాంతో తడిసి ఉండడం చూసి అది లోహం గుండానూ, గాజు గుండానూ స్రవించగలదని జనం అపోహ పడ్డారు.

మునగని నాణెం

ఇలాటివి కాకమ్మ కథలలోనే కాదు, వాస్తవంగా జరుగుతాయని ప్రయోగాలద్వారా రుజువు చెయ్యవచ్చు. మొట్టమొదటగా సూదిలాటి చిన్న వస్తువును తీసుకోండి. ఉక్కు సూదిని నీటి ఉపరితలంమీద తేలేటట్టు చెయ్యడం అసాధ్యమనిపిస్తుంది కదూ? నిజానికి అదేమంత కష్టం కాదు. గ్లాసులో నీరు పోసి దానిపైన సిగరెట్టు పెట్టెలోని ఉల్లిపొర కాగితం ముక్క ఉంచి దానిమీద ఏమాత్రమూ తడి లేని సూదిని పెట్టండి. ఇప్పుడు కాగితం ముక్కని సూదికిందనుంచి తొలగించాలి. అది ఈవిధంగా చేయవచ్చు: ఇంకొక సూదితో కాగితం ముక్కను అంచులనుంచి నీటిలో ముంచుతూ వెళ్లండి. కాగితం పూర్తిగా తడిసినాక నీటిలో మునుగుతుంది, కాని సూది మాత్రం తేలుతూ ఉంటుంది (చిత్రం 61). గ్లాసుకి వెలు





చిత్రం 61. తేలే సూది. (ఎడమ) రెండు మిల్లిమీటర్లు మందంగల సూది, దానివల్ల నీటిలో ఏర్పడే గాడి తాలూకు "మధ్యచ్ఛేదం" (అసలుకు రెండింతలు ప్రమాణంలో); (కుడి) కాగితం ముక్క సహాయంతో సూదిని నీటిపై తేల్చి ఉంచే పద్ధతి.

వలగా నీటి మట్టం ఎత్తులో సూదంటురాయి ఉంచి ఈ తేలే సూదిని అటు ఇటు తిప్ప వచ్చు కూడా.

కొంచెం అనుభవం అయినమీదట కాగితం కూడా అవసరం ఉండదు. సూదిని మధ్యగా, నీటి మట్టానికి కొద్ది ఎత్తులో అడ్డంగా పట్టుకుని వదిలేస్తే అది తేలుతుంది.

సూదికి మారుగా గుండుసూదిని గాని – దాని లావు రెండు మిల్లిమీటర్లు మించ రాదు – తేలికయిన గుండీని గాని, చిన్నచిన్న లోహపు వస్తువులను గాని ఇదే విధంగా నీటిలో తేల్చవచ్చు. ఇది చేతనయిన తర్వాత నాణెము తేల్చడానికి ప్రయత్నించండి.

ఈ వస్తువులన్నీ తేలటానికి కారణమేమంటే మన చేతి స్పర్శవల్ల వాటికి జిడ్డు అంటుతుంది, అందుచేత వాటిని నీరు తడపలేదు. నీటిమీద తేలే సూది నీటిపైన చేసే గుంటను కూడా మనం చూడవచ్చు. నీటి ఉపరితలపు పొర తన మామూలు స్థితిని పొంద టానికి చేసే ప్రయత్నంలో సూదిని పైకి తోస్తుంది. సూది ఆక్రమించిన నీరు తన బరువుతో కలిగించే వత్తిడి కూడా సూదిని తేల్చి ఉంచుతుంది.

సూదిని నీటిపై అతి సులువుగా తేల్చడానికి దానికి నూనె పూస్తే చాలు; అది ఎన్నటికీ మునగదు.

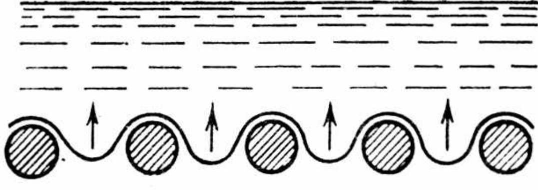
జల్లెడలో నీరు

ఇది కూడా కాకమ్మ కథలలో జరిగే విషయం మాత్రమే కాదు. ఈ అసాధ్యంగా కని పించే పనిని సాధించడానికి భౌతికశాస్త్ర జ్ఞానం సహాయపడగలదు. 15 సెం.మీ. వెడల్పు గల తీగ జల్లెడ తీసుకోండి. దాని రంధ్రాలు ఒక మిల్లిమీటరు ప్రమాణంకంటె తక్కువ వుండరాదు. ఈ జల్లెడను కరిగిన పారఫినులో ముంచి దానికి కనీకనపడని పారఫిను పూత వేయండి.

అది చూడడానికి జల్లెడలాగే ఉంటుంది. దాని రంధ్రాలలో గుండుసూది దూర్చవచ్చు. కాని అందులో నీరు పట్టవచ్చు – చాలా నీరు పట్టుతుంది కూడా. అయితే దానిలో నీరు పోసేటప్పుడు జాగ్రత్తగా పొయ్యాలి. నీరు పోసేటప్పుడు జల్లెడను కుదపరాదు.

నీరెందుకు కారిపోదు? పారఫినును తడపలేక నీరు ఒక పలచని పొరను కలిగించుకుని జల్లెడ రంధ్రాల మధ్యకు తోసుకు వస్తుంది. ఈ పొరే నీరు కారకుండా ఆపుతుంది (చిత్రం 62).

ఈ జల్లెడ నీటిమీద తేలుతుంది కూడా. అంటే దీనిలో నీరు పట్టవచ్చు, అంతేగాక దీనిని పడవలాగ నీటిపై తేల్చవచ్చు.



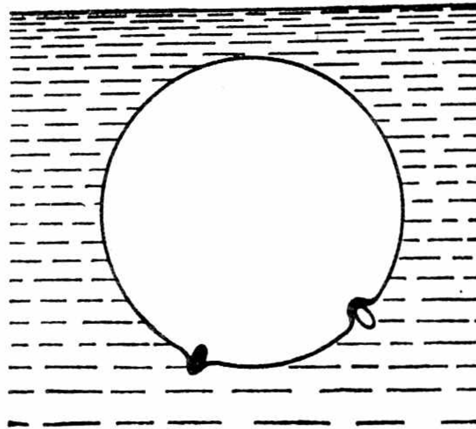
చిత్రం 62. జల్లెడలో నీరు నిలవడానికి కారణం?

మనం అనేక సాధారణ విషయాలను పరిపాటిగా భావించి, వాటికి కారణమేమిటా అని ఆలోచనైనా చేయం. అలాటి వాటిని ఈ విడ్డూరమైన ప్రయోగం వివరిస్తుంది. సీసాలకు, పడవలకు తారు పూస్తారు; బిరడాలకు, మూతలకు కొవ్వు పూస్తారు; ఇళ్ల కప్పుల లోపలి భాగాలకు నూనె పెయింట్లు వేస్తారు; అసలు నీరు చిమ్మకుండా వుండాలన్న ప్రతి వస్తువుకు జిడ్డుగల పదార్థాల పూత వేస్తారు. బట్టలకు రబ్బరు పూత పూస్తారు. ఇవన్నీ జల్లెడకు జిడ్డు పట్టించడం లాటివే. అయితే జల్లెడ విషయంలో అది వింతగా కనిపిస్తుంది.

ఇంజనీరులకు నురుగుయొక్క ఉపయోగం

ఉక్కు సూదులను రాగి నాణాలను నీటిపైన తేల్చే ప్రయోగంతో పోలిక వున్న ఒక విధానాన్ని లోహ పరిశ్రమలో ఖనిజసంస్కారానికి వాడతారు. ఖనిజములో వుండే ఉపయుక్త పదార్థాల శాతం వృద్ధిచేయడాన్నే ''ఖనిజసంస్కారం'' అంటారు: ముడిఖనిజాన్ని సంస్కరించడానికి సాంకేతిక నిపుణులు చాలా మార్గాలు అవలంబిస్తారు. వాటిలో మనం చెప్పకునే దాన్ని ''ప్లవనం'' (flotation) అంటారు. అది అన్ని పద్ధతులకంటే ఉత్తమమైనది. మిగిలిన పద్ధతులేవీ పనికి రానప్పుడు కూడా అది విజయవంత మవుతుంది.

''ప్లవనం'' ఈకింది విధంగా సాగుతుంది. ఖనిజాన్ని మెత్తగా నూరి నీటితొట్టెలో వేస్తారు. ఆ తొట్టెలో జిడ్డు పదార్థాలు కూడా ఉంటాయి. ఈ జిడ్డు పదార్థాలు ఖనిజపు నలుసులపై అతి సన్నని పొరగా తయారయి వాటికి తడి సోకకుండా చేస్తాయి. తరువాత నీటిలోకి గాలి పంపి నురుగు తెప్పిస్తారు. ఆ నురుగు నిండా ఉండే అసంఖ్యాకమైన గాలి బుడగలకు ఖనిజపు నలుసులు అంటుకుంటాయి. బెలూన్‌లవెంట వాటికి



చిత్రం 63. ప్లవన విధానంలోని కిటుకు.

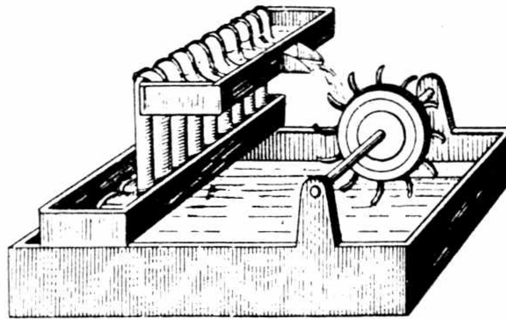
కట్టిన తొట్టెలు పైకి లేచినట్లుగా ఈ నలుసులు బుడగలతోపాటు పైకి తేలుతాయి (చిత్రం 63). జిడ్డులేని మట్టి నలుసులు బుడగలను పట్టుకోలేక కిందికి దిగిపోతాయి. నురుగు బుడగ అది పట్టుకున్న ఖనిజపు నలుసుకన్న చాలా పెద్దదిగా ఉండడం గమనించండి, అందుచేతే ఘనపదార్థమైన ఆ నలుసునది సులువుగా మోయగలుగుతుంది. అందుచేత దాదాపు ఖనిజపు నలుసులన్నీ నురుగుతోపాటు పైకి తేలతాయి. ఈ నురుగు తెట్టను తీసి అందులోని ఖనిజాన్ని వేరు చేస్తారు. మామూలు ముడిఖనిజంకన్న ఈ నురుగునుంచి వేరుచేసినదానిలోని ఖనిజం కొన్ని డజన్ల రెట్లు సుద్ధంగా ఉంటుంది.

ప్లవనవిధానపు టెక్నిక్కులు ఎంతగా అభివృద్ధి చెందాయంటే, ప్రతి ఖనిజానికి తగిన ప్రత్యేక చమురు పదార్థం నిర్ణీతమై యున్నది.

ఈ సందర్భములో తెలుసుకోదగిన విషయమేమంటే ఈ ప్లవనప్రక్రియ సిద్ధాంత రీత్యా కాక కాకతాళీయంగ లభించింది. గత శతాబ్ది అంతంలో ఒకనాడు కారీ ఎవర్సన్ అనే ఒక అమెరికన్ పంతులమ్మ జిడ్డుగా ఉన్న సంచులను ఉతుకుతున్నది. ఆ సంచులలో అంతకు ముందు తామ్ర గంధకపు రాయి (కాపర్ పైరైటిస్) నిలవ ఉంచారు. సంచులు కడిగేటప్పుడు గంధకపు రాయి నలుసులు నురుగుతోపాటు తేలడం ఆమె గమనించింది. ఆవిధంగా ప్లవనవిధానం పుట్టింది.

ఉత్తుత్త "శాశ్వత చలన" యంత్రం

చిత్రం 64లో చూపిన ఏర్పాటును వాస్తవమయిన "శాశ్వత చలన" యంత్రం అని కొందరనటం కద్దు. అడుగు తొట్టెలో ఉండే నూనె, లేక నీరు ఒత్తులద్వారా దాని యెగువ ఉండే తొట్టెలోకి ఎక్కుతుంది. అక్కడ నుంచి మరి కొన్ని ఒత్తులు దానిని ఇంకా ఎత్తుకు తీసుకుపోతాయి. ఈ తొట్టెకు పానవట్టంలాటిది ఉన్నది. అందులోనుంచి ద్రవం ఒక చక్రానికి అమర్చిన తెడ్లపైన పడి చక్రం తిరుగుతుంది. చక్రంమీద పడిన ద్రవం అడుగు తొట్టెలోకి చేరి మళ్లీ ఒత్తులద్వారా పైకెక్కుతుంది.



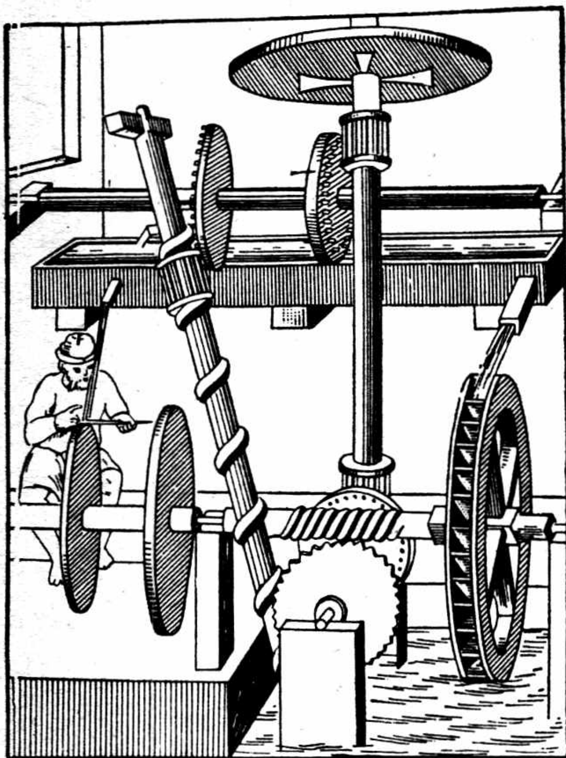
చిత్రం 64. ఉత్తుత్త "శాశ్వత చలన" యంత్రం.

అందుచేత ద్రవం పైనుండి తెడ్లపై పడుతూ ఉంటుంది; చక్రం శాశ్వతంగా తిరుగుతూనే ఉండాలి....

ఈవిధంగా ఈ ఏర్పాటును వర్ణించేవారు ఈ యంత్రాన్ని చేసి చూసినట్టయితే, చక్రం తిరగటంమాట దేవుడెరుగు; ద్రవం ఒక్క చుక్క కూడా పై తొట్టెలోకి చేరదని స్పష్టమవుతుంది!

ఈ విషయం యంత్రాన్ని చేసి చూడకుండానే మనం తెలుసుకోవచ్చు. నిజానికి, ఒత్తి పైభాగంనుంచి నూనె కారుతుందని ఎందుకనుకోవాలి? ''కేపిల్లరీ'' ఆకర్షణశక్తిచేత నూనె గురుత్వాకర్షణం మించి వత్తిపైకి ఎక్కే మాట నిజమే. అయితే ఈ శక్తివల్లనే, నానిన ఒత్తియొక్క సూక్ష్మరంధ్రాలలో చేరిన నూనె కారకుండా ఉంటుంది. మాటవరసకు నూనె పై తొట్టెదాకా ఎక్కుతుందే అనుకుందాం, అప్పుడు నూనెను పైకి పీల్చిన వత్తులే క్రిందకు వదులుతాయని అనవలసి వస్తుంది.

దీన్ని పోలినదే మరొక ఏర్పాటు ఏనాడో 1575లో పెద్ద స్త్రాదా అనే ఇటాలియన్ మెకానిక్ కనిపెట్టాడు. ఈ సాధనం చిత్రం 65లో చూపబడింది. ఈ యంత్రం తిరిగేటప్పుడు నీరు కింది నుంచి పై తొట్టెకి ఒక ''ఆర్కిమిడీస్ స్క్రూ''ద్వారా చేరుతుంది. ఆ తొట్టెలోని నీరు చిత్రంలో దిగువగా కుడిపక్కన ఉన్న చక్రంమీద పడుతుంది. ఈ చక్రం ఒక సాన చక్రాన్ని తిప్పడమే కాక అనేక పళ్లచక్రాలద్వారా ఆర్కిమిడీస్ స్క్రూద్వారా నీటిని పైకి చేరవేస్తూ ఉంటుంది. అంటే స్క్రూ చక్రాన్ని తిప్పుతుంది, చక్రం స్క్రూను తిప్పుతుంది!... ఇలాటి యంత్రాలు పనిచేసే మాటుంటే ఒక గిలక చక్రంమీదుగా తాడు వేసి, దాని రెండు చివరలకు సమమైన బరువులు కట్టేస్తే చాలు — ఒకటి దిగినప్పుడు



చిత్రం 65. సానపళ్ళే రాయిని తిప్పడానికి నీటితో నడిచే ''శాశ్వత చలన'' యంత్రంయొక్క ప్రాచీన పంపిణీ.

రెండోది పైకి వస్తుంది. అది పైకి వచ్చినప్పుడు ఇది దిగుతుంది. ఆవిధంగా అది ''శాశ్వత చలన'' యంత్రం అవుతుందిగా?

సబ్బు బుడగలు ఊదడం

మీకు సబ్బు బుడగలు ఊదడం చేతనవునా? అది అనుకున్నంత తేలిక కాదు. నేను కూడా కష్టం ఏమీ లేదనుకునేవాణ్ణి, కాని పెద్దపెద్ద, అందమైన బుడగలు తెప్పించడం అనుభవంమీద మాత్రమే అలవడే విద్య అన్న సంగతి నాకు తెలిసి వచ్చింది. కాని సబ్బు బుడగలు తెప్పించడంలాటి కుర్రతనపు పనులు చేయవలసిన అవసరమేమిటి? చాలామంది ఆ పనిని పనిలేని మంగలి పనిగా భావిస్తారు. అయితే భౌతికశాస్త్రవేత్తల అభిప్రాయం మరొకలా ఉంటుంది. సుప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ భౌతికశాస్త్రవేత్త కెల్విన్, ''సబ్బు బుడగ ఊది దాన్ని గమనించండి. దాన్ని గమనిస్తూ యావజ్జీవం భౌతికశాస్త్ర పాఠాలు ఎన్నయినా నేర్చుకోవచ్చు'' అన్నాడు.

వాస్తవానికి ''పంచరంగుల''తో కళకళలాడే అతి పలచని ఆ సబ్బుపొర ఆధారంతో శాస్త్రవేత్తలు కాంతి తరంగాల నిడివి అంచనా కట్టగలరు; సబ్బు బుడగలో ఉండే బిగి (టెన్షన్) ఆధారంతో కణాల మధ్య ఉండే శక్తులకు సంబంధించిన సూత్రాలను తెలుసుకోగలరు — కణాల మధ్య సంసక్త శక్తులే లేకపోతే ప్రపంచం అతి సూక్ష్మమైన నలుసులతో కూడిన ధూళిమేఘంగా ఉండిపోను.

ఈ దిగువ వివరించిన ప్రయోగాలు పైన చెప్పినంత ప్రయోజనాలు గలవి కావు. వినోదకరంగా జ్ఞానం కలిగించడానికి, సబ్బు బుడగలు ఊదేదెలాగో నేర్పడానికి ఉద్దేశించినవి మాత్రమే. బ్రిటిష్ భౌతికశాస్త్రవేత్త చార్ల్స్ బొయెస్ రచించిన ''సబ్బు బుడగలు, వాటి ఆకృతిని నిర్దేశించే శక్తులు'' *(Soap Bubbles and the Forces Which Mould Them)* అన్న గ్రంథంలో సబ్బు బుడగలతో చేయదగిన అనేక ప్రయోగాలను వివరించాడు. కుతూహలంగలవాళ్లు ఈ చక్కని పుస్తకం చదవండి. ఈ దిగువను వివరించినవి చాలా సామాన్య ప్రయోగాలు.

మామూలు బట్టల సబ్బు పనికి వస్తుంది — స్నానపు టాయిలెట్ సబ్బులు అంతగా పనికి రావు. అయితే స్వచ్ఛమైన ఆలివ్‌నూనెతో గాని, బాదంనూనెతో గాని తయారైన సబ్బు తీసుకోవచ్చు. అలాటి సబ్బుతో పెద్దపెద్ద, అందమైన బుడగలు వస్తాయి. సబ్బును చన్నీటిలో బాగా కరిగించి చిక్కని నురుగు తెప్పించండి. వాననీరు గాని, మంచును కరిగించిన నీరు గాని అయితే మంచిది; కాని కాచి చల్లార్చిన నీరు కూడా పనికి వస్తుంది. బుడగ దీర్ఘకాలం

విచ్చిపోకుండా ఉండగలందులకు సబ్బు నురుగులో మూడో వంతు ప్రమాణంలో గ్లిజరిన్ చేర్చమని ప్లాటో సూచించాడు. పైకి తేలే నురుగును, సన్నని బుడగలను చంచాతో తీసెయ్యాలి. ఒక సన్నని మట్టిగొట్టం తీసుకుని దాని మొనను ముందుగా లోపల, వెలపలా సబ్బుతో తడపాలి. 10 సెం.మీ. నిడివిగల గడ్డిగొట్టంతో కూడా మంచి ఫలితాలు వస్తాయి, దాని చివరను చీల్చి క్రాసులాగ చెయ్యాలి.

బుడగ ఊదేదెలాగంటే – గొట్టాన్ని నిటారుగా పట్టుకుని, దాని చివర సబ్బు నీటిలో ముంచి దానికి సబ్బు పొర అంటేలాగ చెయ్యాలి. తరువాత రెండో చివర నోట్లో పెట్టుకుని నింపాదిగా ఊదాలి. గదిలో గాలికంటె మన ఊపిరితిత్తులలో గాలి వెచ్చగాను, తేలికగాను ఉంటుంది గనక, దానితో నిండిన బుడగ పైకి లేస్తుంది.

బుడగ ప్రమాణం 10 సెం.మీ. (4 అంగుళాలు) ఉండాలి. అంత పెద్ద బుడగలు రానట్టయితే సబ్బు మరింత చేర్చాలన్నమాట. సబ్బు చాలిందా లేదా అన్నది తెలుసుకోవడానికి మరొక పరీక్ష కూడా ఉన్నది. బుడగ ఊదినాక వేలును సబ్బు నీటిలో ముంచి బుడగను దానితో చిట్లకొట్టడానికి యత్నించాలి. అది చిట్లితే మరి కొంచెం సబ్బు చేర్చాలి. చిట్లకపోతే ప్రయోగాలు సాధించవచ్చు.

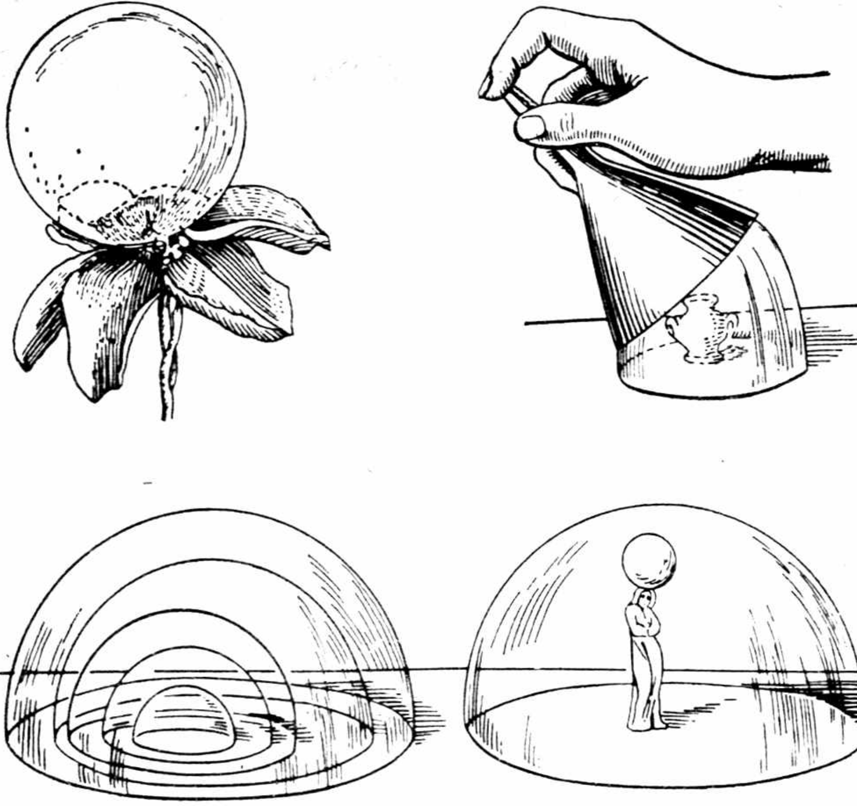
ఈ ప్రయోగాలను నింపాదిగానూ, శ్రద్ధగానూ చేయాలి, తొందరపాటు కూడదు. గదిలో చక్కగా వెలుతురుండాలి, లేకపోతే రంగుల మిలమిల బాగా కనిపించదు.

ఇప్పుడు కొన్ని వినోద ప్రయోగాలను చెబుతాను.

బుడగలో పువ్వు: సబ్బునీటిని ఒక ప్లేటులో గాని, పళ్లెంలో గాని 2 – 3 మి.మీ. లోతు ఉండేలాగ పొయ్యండి. పళ్లెం మధ్య ఒక పువ్వు గాని, చిన్న పాత్ర గాని ఉంచండి. దానిపైన ఒక గాజు గరాటు కప్పండి. గరాటు మొనలోనుంచి ఊదుతూ బుడగ తెప్పిస్తూ గారాటును నెమ్మదిగా పైకి ఎత్తండి. బుడగ తగినంత పెద్దదైనాక గరాటును ఒక పక్క చిత్రం 66లో చూపినట్టు పైకెత్తండి. బుడగ విడుదల అవుతుంది. అది అర్ధగోళాకారంగా రంగులీనుతూ ఉంటుంది. దానిలోపల పూవు కనిపిస్తూ ఉంటుంది.

పూవుకు బదులు చిన్న బొమ్మను కూడా, చిత్రం 66లో చూపినట్లు, ఉపయోగించి దానిపైన ఒక చిన్న బుడగ తెప్పించవచ్చు. చిన్న బుడగ తెప్పించడానికి పెద్ద బుడగ ఊదక పూర్వమే బొమ్మ పైభాగాన కొంచెం సబ్బునీరు ఉంచాలి. పెద్ద బుడగ ఊదినాక దానిలోనించి ఒక గొట్టం లోపలికి పోనిచ్చి దాని సహాయంతో చిన్న బుడగ ఊదాలి.

బుడగల దొంతర (చిత్రం 66): ఇంతకు పూర్వము చేసినట్టుగా గరాటును ఉపయోగించి ఒక పెద్ద బుడగ తెప్పించండి. ఒక గొట్టం తీసుకుని, నోటిలో పెట్టుకుని ఊదే చివర మట్టుకు పొడిగా ఉండేటట్టుగా గొట్టమంతా సబ్బునీటిలో తడపండి. ఆ గొట్టాన్ని

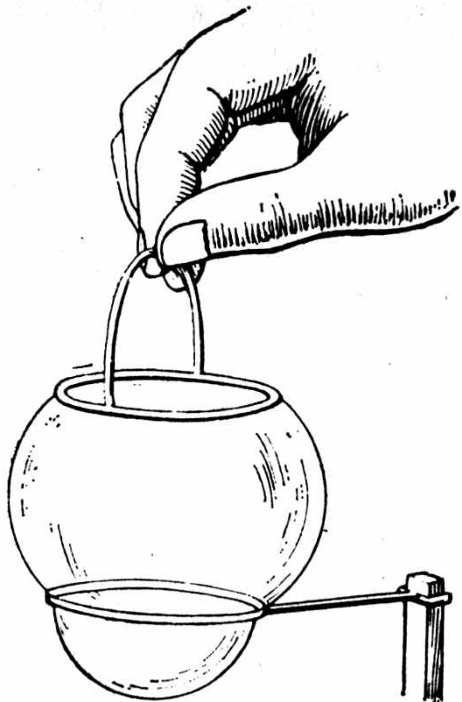


చిత్రం 66. సబ్బు బుడగలు.

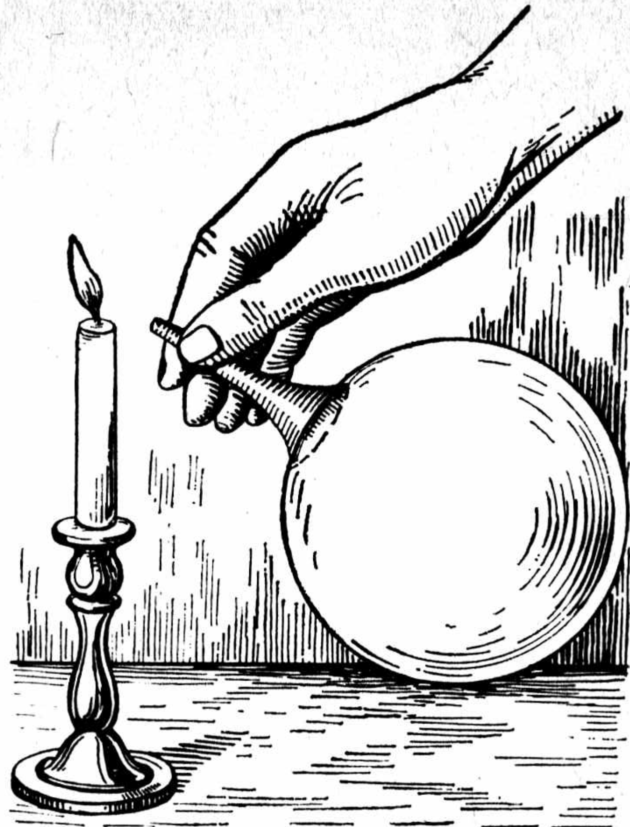
బుడగ గుండా జాగ్రత్తగా గుచ్చి దాని చివరను బుడగ మధ్యకు పోనివ్వండి. తరవాత గొట్టాన్ని నెమ్మదిగా పైకి లాగుతూ (పెద్ద బుడగలోనుంచి పూర్తిగా పైకి లాగరాదు) పెద్ద బుడగ లోపల ఇంకొక బుడగ ఊదండి, ఇదే విధంగా రెండో బుడగలో మూడవది, అందులో నాల్గవది తెప్పించండి.

స్థూపాకారంగల బుడగ (చిత్రం 67): ఇందుకుగాను రెండు తీగ రింగులు కావాలి. ఒక సబ్బు బుడగను దిగువ రింగుమీద వాలేటట్టు చేయండి. రెండవ రింగును తడి చేసి దాన్ని బుడగ పై భాగానికి అంటించి పైకి లాగినట్టయితే బుడగకు స్థూపాకారం వస్తుంది. ఒక విచిత్రం — ఎగువ వుండే రింగును దాని పరిధిని మించిన ఎత్తుకు ఎత్తినట్టయితే స్థూపాకారం బుడగలో ఒక సగం సంకోచించి రెండవ సగం ఉబికి చివరకి రెండు బుడగలు వస్తాయి.

సబ్బు బుడగలయొక్క పలచని పొర అనుక్షణమూ బిగి కలిగి ఉండి, బుడగ లోపలి గాలిని నొక్కి ఉంచుతుంది. గరాటు మొనను దీప జ్వాలకు సమీపంగా పట్టుకున్నట్టయితే జ్వాల స్పష్టంగా పక్కకు వంగుతుంది. దీనినిబట్టి సబ్బు బుడగ పొరయొక్క బలం తక్కువేం కాదని తెలుస్తుంది (చిత్రం 68).



చిత్రం 67. సబ్బు బుడగకు స్థూపాకారం కలిగించడం.



చిత్రం 68. సబ్బు బుడగ ''గోడల'' పీడనంవల్ల వెలుపలికి వచ్చే గాలి మంటని ఆడిస్తుంది.

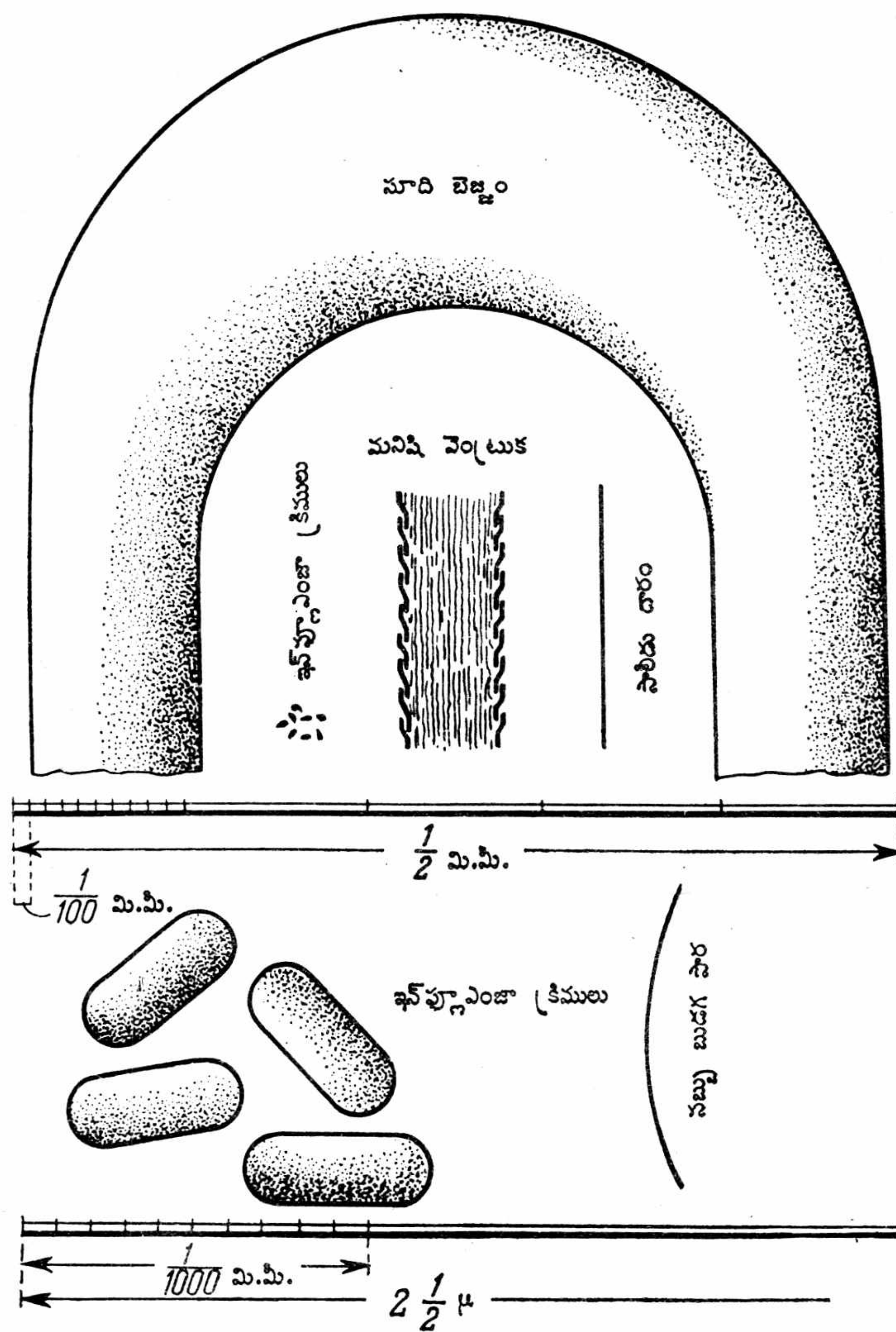
సబ్బు బుడగ వెచ్చని గదిలోనుంచి చల్లని ప్రాంతానికి తేలుతూ పోయినప్పుడు దాని ప్రమాణం తగ్గడం గమనించవచ్చు. చల్లని చోటునుంచి వెచ్చని చోటికి వస్తే బుడగ పెద్దది అవుతుంది. దీనికి కారణం బుడగలోని గాలి వేడికి వ్యాకోచించడం, చల్లదనానికి సంకోచించటం. బయట మంచులో (−15°C) 1,000 ఘన సెం.మీ. ఘనపరిమాణంగల బుడగ (+15°C) ఉష్ణముండే గదిలోకి తేలుతూ వచ్చినపుడు దాని ఘనపరిమాణం 110 ఘ.సెం.మీ. పెరుగుతుంది:

$$1,000 \times 30 \times \frac{1}{273} = \text{సుమారు } 110 \text{ ఘ.సెం.మీ.}$$

బుడగల జీవితం అతి స్వల్పమనే నమ్మకం పూర్తిగా నిజం కాదు. తగిన జాగ్రత్త తీసుకున్నట్టయితే సబ్బు బుడగను సుమారు 10 రోజులపాటు విచ్చిపోకుండా ఉంచవచ్చు. ఇంకా ఎక్కువ కూడా ఉంచవచ్చు. డ్యూవార్ అనే బ్రిటిష్ భౌతికశాస్త్రవేత్త (గాలిని ద్రవీకరించడంలో ప్రయోగాలు చేసి ప్రసిద్ధి చెందినవాడు) సబ్బు బుడగలను ప్రత్యేకమైన సీసాలలో దుమ్ము పోకుండా, తడి ఆరకుండా, గాలివలన కుదుపు లేకుండా ఉంచి నెల రోజులకు పైగా విచ్చిపోకుండా చెయ్యగలిగాడు. లారెన్సు అనే అమెరికను సబ్బు బుడగలను గంట జాడీ అడుగున ఏళ్లతరబడి ఉంచాడు.

అన్నిటికన్న పలచనిది

ఉత్తకన్ను చూడగల అతి పలచని వాటిలో సబ్బు బుడగ పొర ఒకటి అని బహుకొద్దిమందికి తెలిసి వుండవచ్చు. దానితో పోలిస్తే మనం అతి పలచనివిగా చెప్పుకునేవి చాలా మందమయినవి. "వెంట్రుకంత సన్నమూ," "ఉల్లిపొర కాగితం" లాటివీ అయిన వస్తువులు సబ్బు బుడగ పొరతో పోలిస్తే చాలా మందం — సబ్బు బుడగ పొర వెంట్రుకకన్న ఉల్లిపొర కాగితంకన్న 5,000 రెట్లు పలచగా వుంటుంది. మనిషి వెంట్రుకను 200 రెట్లు పెద్దది చేస్తే ఒక సెంటిమీటరు మందం వుంటుంది. సబ్బు బుడగ పొరయొక్క మధ్యచ్ఛేదాన్ని (మందాన్ని) రెండు వందల రెట్లు పెద్దది చేసినా ఇంకా కంటికి కనిపించనంత చిన్నదిగా ఉంటుంది. దాన్ని మళ్లీ 200 రెట్లు పెంచితే అది సన్నని గీతంత అవుతుంది. అంత పెద్దది — 40,000 రెట్లు — చేస్తే వెంట్రుక 2 మీటర్లను మించే లావులో వుంటుంది. చిత్రం 69లో ఇది స్పష్టంగా చూపబడింది.



చిత్రం 69. (ఎగువ) సూది బెజ్జమూ, మనిషి వెంట్రుకా, క్రిములూ, సాలీడు దారమూ రెండువందల రెట్లు పెద్దవిగా చూపబడ్డాయి. (దిగువ) 40,000 రెట్లు పెద్దవిగా చూపిన క్రిములూ, సబ్బు బుడగ పొర మందమూ. $1\mu=0,0001$ సెం.మీ.

వేలు తడవకుండా

పెద్ద పళ్లెం తీసుకుని దానిలో ఒక నాణెం పెట్టండి. తరవాత నాణెం మునిగే పాటి నీరు పళ్లెంలో పొయ్యండి. వేలు తడవకుండా నాణాన్ని తియ్యమని మీ మిత్రులనడగండి. అసాధ్యంగా కనబడుతుంది కదూ?

ఒక గ్లాసూ మండగలిగే కాగితమూ వుంటే యీ పనిని సులువుగా చెయ్యవచ్చు. ఒక కాగితం ముక్కను అంటించి గ్లాసులో వేసి అది మండుతుండగానే గ్లాసును పళ్లెంమీద బోర్లించండి. కాగితం ఆరిపోయి గ్లాసులో పొగ నిండుతుంది. తరువాత పళ్లెంలోని నీరు గ్లాసుకిందికి చేరుతుంది. నాణెం వుండిన చోటే వుంటుంది. ఒకటి రెండు నిమిషాలలో తడి ఆరుతుంది. దాన్ని వేలు తడవకుండా తీయవచ్చు.

పళ్లెంలోని నీటిని గ్లాసుకిందకు లాగి నిర్ణీతమైన ఎత్తులో వుంచిన శక్తి ఏది? వాతావరణ పీడన శక్తి. కాగితం కాలేటప్పుడు గ్లాసులోని గాలి వేడెక్కి దాని పీడన శక్తి హెచ్చడంవల్ల అందులో కొంత గాలి బయటికి వెళ్లింది. కాగితం ఆరిపోయినాక గాలి తిరిగి చల్లబడి దాని పీడనం తగ్గిపోతుంది. అప్పుడు గ్లాసు వెలపల వుండే గాలియొక్క వత్తిడికి పళ్లెంలోని నీరు గ్లాసు అడుగుకు వెళ్లి గ్లాసులో నీటి మట్టం లేచింది.



చిత్రం 70. వేళ్లు తడవకుండా నాణెం తీసే పద్ధతి.

కాగితానికి బదులుగా బెండులో నిప్పుపుల్లలు గుచ్చి వాటిని వెలిగించవచ్చు (చిత్రం 70).

పై ప్రయోగానికి* కొందరు తప్పు వివరణ యిస్తూ వుండడం యిప్పటికీ జరుగుతూంది. గ్లాసులో వుండే గాలిలోని ప్రాణవాయువు కాగితం మండేటప్పుడు హరించిపోతుందని అందుచేత గ్లాసులోపలి వాయువుయొక్క ప్రమాణం తగ్గిపోయి దాని స్థానం ఆక్రమించుకోవడానికి నీరు గ్లాసులో ప్రవేశిస్తుందని వీరంటారు. నీరు గ్లాసులోకి రావడానికి అసలు

---

*క్రీ.పూ. మొదటి శతాబ్ది ప్రాంతంలో బైజాంటియంలో నివసించిన ఫిలో అనే విజ్ఞానవేత్త మొట్టమొదటిగా యీ ప్రయోగాన్ని వర్ణించి సరిగా వివరించాడు.

కారణం గ్లాసులోని గాలి వేడెక్కడమే తప్ప కాగితం కాలేటప్పుడు ప్రాణవాయువు హరించి పోవటం కానేకాదు. ఎంచేతంటే గ్లాసును మండే కాగితంతో కాక మరుగునీళ్లతో కడిగి వేడి చేసినా ఈ ప్రయోగం చేయొచ్చు. కాగితం మండించడానికి బదులు దూదిని అల్కహోలులో తడిపి మండించవచ్చు. అది ఎక్కువ సేపు మండి గాలిని మరింతగా వేడెక్కిస్తుంది. అప్పుడు గ్లాసులో నీరు దాదాపు సగానికి లేస్తుంది. ప్రాణవాయువు గాలిలో అయిదో వంతు మాత్రమే ఉంటుందని జ్ఞాపకం వుంచుకోండి. అదీగాక గ్లాసులోపల బొగ్గుపులుసుగాలి (కార్బనుడయాక్సయిడ్), నీటియావిరి ఏర్పడతాయి. అయితే వీటిలో బొగ్గుపులుసుగాలి నీటిలో కరుగుతుంది. కాని హరించిన ప్రాణవాయువు స్థానంలో కొంత భాగాన్ని నీటియావిరి ఆక్రమించుకొంటుంది. అటువంటి సందర్భంలో నీరు గ్లాసులో దాదాపు సగం మేర ఆక్రమించుకుంటుందంటే అది హరించిపోయిన ప్రాణవాయువు స్థానం ఆక్రమించటం ఎంత మాత్రమూ కాదు.

మనం ఎలా తాగుతాం?

ఇదీ ఒక సమస్యేనా? అవును. గ్లాసులో గాని చంచాలో గాని ద్రవాన్ని తీసుకుని దాన్ని మన నోటిదగ్గిర పెట్టుకుని లోపలికి "పీల్చేస్తాం." మనం అలవాటుగా చేసే యీ సాధారణమైన పనినే వివరించాలి. నిజానికి ద్రవం మన నోట్లోకి ఎందుకు తోసుకు వస్తుందీ? దానిచేత ఆ పని చేయించేదేది? తాగేటప్పుడు మన ఛాతీ పెద్దదవుతుంది. అందుచేత నోటిలో గాలియొక్క పీడనం తగ్గిపోతుంది. బయటి గాలియొక్క ఒత్తిడి హెచ్చుగా ఉండడంవల్ల ద్రవం నోట్లోకి తోసుకు వస్తుంది. సంధాన పాత్రలలో ఒకదానిపైన వుండే గాలియొక్క పీడనం తగ్గించినట్టయితే దానిలోకి రెండవ పాత్రలోని ద్రవం అలాగే తోసుకు వస్తుంది. ఒక సీసా మూతిని నోటిలో పెట్టుకుని మనం అందులో నీటిని ఎంత గట్టిగా పీల్చినా తాగలేం. ఎందుచేతంటే నోటిలోని గాలి పీడనం సీసాలోని గాలిపై ఒత్తిడి ఒకటే అవుతుంది.

కనుక, నిజం చెప్పాలంటే మనం తాగేటప్పుడు నోరేకాక ఊపిరితిత్తులను కూడా ఉపయోగిస్తాము.

మంచి గరాటు

గరాటుల సహాయంతో సీసాలలో ద్రవాలు పోసేవారికి ఒక విషయం అనుభవం అవుతుంది. మధ్యమధ్య గరాటుని పైకి ఎత్తుతూ ఉండకపోతే ద్రవం సీసాలోకి దిగదు. సీసాలో ఉండే గాలి స్థానాన్ని ద్రవం ఆక్రమిస్తున్నకొద్దీ గాలియొక్క పీడనం హెచ్చుతుంది. అది

బయటికి పోయే దారిలేక గరాటులోని ద్రవాన్ని అడ్డుతుంది. గాలి ఒత్తిడి గరాటులోని ద్రవం యొక్క బరువును నిరోధించగలుగుతుంది. ఆ స్థితిలో గరాటుని కొంచెం పైకి ఎత్తితే గాలి బయటకు వచ్చేసి గరాటులోనుంచి ద్రవం సీసాలోకి దిగిపోతుంది.

అందుచేత గరాటుని ఎత్త నవసరము లేకుండా ఉండాలంటే గరాటు గొట్టము వెలుపల భాగాన నిలువుగా గాళ్ళు ఏర్పాటు చేసినట్టయితే గరాటు సీసా మూతిని పూర్తిగా మూసెయ్యదు.

టన్ను క్ర్ర, టన్ను ఇనుమూ

ఏది ఎక్కువ బరువు? కొంతమంది టన్ను ఇనుమే ఎక్కువ బరువని తొందరపడి అనేసి అందరి అపహాస్యానికి గురి అవుతారు.

టన్ను క్ర్ర హెచ్చు బరువంటే అడిగినవాడు మరింత గట్టిగా నవ్వవచ్చు. ఈ మాట ఎంత నమ్మదగనిదిగా కనిపించినా నిజానికి చాలా వాస్తవం.

అసలు సంగతేమంటే ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం ద్రవాలకే గాక వాయువులకు కూడా వర్తిస్తుంది. గాలిలో తూచే ప్రతి వస్తువు అది తొలగించిన గాలియొక్క బరువుకు సమానమైన బరువును కోల్పోతుంది.

ఇలా బరువు తగ్గడమనేది క్ర్రకూ, ఇనుముకూ కూడా ఉంటుంది, అందుచేత వాటి యథార్థమైన బరువులు తెలుసుకోవాలంటే కోల్పోయిన బరువులను ప్రత్యక్షంగా ఉన్న బరువులకు చేర్చాలి. క్ర్రయొక్క వాస్తవమైన బరువు టన్నుపైన క్ర్ర తొలగించే గాలి బరువు. అలాగే ఇనుముయొక్క వాస్తవమైన బరువు టన్నుపైన అది తొలగించే గాలి బరువు.

అయితే టన్ను ఇనుము ఆక్రమించేదానికన్న టన్ను క్ర్ర ఆక్రమించే చోటు చాలా అధికం — సుమారు 15 రెట్లు. అందుచేత ఒక టన్ను ఇనుము బరువుకన్న ఒక టన్ను క్ర్ర బరువు వాస్తవంగా ఎక్కువ ఉంటుంది. అదే ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే గాలిలో ఒక టన్ను తూగే ఇనుముయొక్క వాస్తవమైన బరువు హెచ్చు.

ఒక టన్ను ఇనుముయొక్క ఘనపరిమాణం ఘన మీటరులో 8వ వంతు ఉంటుంది. టన్ను క్ర్రయొక్క ఘనపరిమాణం సుమారు 2 ఘన మీటర్లు. ఈ రెండు ఘనపరిమాణాల తేడాకి సమానమైన ఘనపరిమాణంగల గాలియొక్క బరువు సుమారు రెండున్నర కిలోగ్రాములు కనక, వాస్తవంలో ఒక టన్ను క్ర్ర టన్ను ఇనుముకంటె రెండున్నర కిలోగ్రాములు హెచ్చు ఉంటుంది.

బరువులేని మనిషి

పక్షి ఈకలాగ తేలిక అయి, గాలికన్న కూడా తేలికయిపోయి,* బరువూ, గురుత్వాకర్షణ సంకెళ్ళూ వదిలించేసుకుని, హాయిగా ఆకాశంలోకి తేలిపోతే ఎంత బాగుంటుందని చాలామంది పిల్లలూ, పెద్దవాళ్ళూ కూడా గొంతెమ్మ కోరికలు కోరుకుంటారు. కాని మనం ఒక విషయం మరువరాదు. మనం గాలికన్న బరువుండబట్టే అటూ ఇటూ నడవగలుగుతున్నాము. "మనం వాయు సముద్రం అడుగున జీవిస్తున్నాం" అని టోరిచెల్లీ ఒకసారి అన్నాడు. ఆకస్మికంగా మనం వెయ్యింతలు తేలికయి, గాలికన్న తేలికయిపోయేమో మరు క్షణమే తప్పని సరిగా యీ వాయు సముద్రం పైన తేలుతాము. కొన్ని మైళ్ల ఎత్తున, పలచని గాలియొక్క సాంద్రత మన శరీరాల సాంద్రత ఒకటిగా ఉండే చోటుకి చేరుకుంటాయి. హాయిగా కొండలపైన, లోయలపైన ఎగురుతూ విహరించాలనుకున్న మన కలలన్నీ భగ్నమైపోతాయి. భూమ్యాకర్షణ శక్తినుంచి తప్పించుకున్న మనం ఇతర శక్తుల — గాలి తరంగాల బారిని పడతాం.



చిత్రం 71. 'అతను వాకిలిపక్క ఉన్న మూలలో.... కప్పుకేసి.... ఉన్నాడు.'

ఒక లావుపాటి మనిషి తన స్థూలకాయాన్ని తేలిక చేసుకుందామనుకుంటాడు. అతడి కథను హెచ్.జి.వెల్స్ రచించాడు. కథ చెప్పేవాడు ఆ మనిషికి బరువును తగ్గించే ఒక అద్భుతమైన ఔషధాన్ని చెబుతాడు. ఆ ఔషధం తయారుచేసుకుని స్థూలకాయుడు సేవిస్తాడు. ఆ మీదట ఇలా జరుగుతుంది:

"చాలా సేపు తలుపు తెరుచుకోలేదు. తాళంచెవి తిప్పిన ధ్వని వినిపించింది. తరవాత పైక్రాఫ్ట్ కంఠం:

"'లోపలికి రండి' అన్నది.

---

*పక్షి ఈకలు అందరూ అనుకున్నంత తేలికయినవి కావు. వాటి బరువు గాలి బరువుకన్న అనేక వందల రెట్లు హెచ్చు. అవి గాలిలో తేలటానికి కారణం. అవి వెడల్పుగా ఉండటంవల్ల వాటి బరువుకన్న గాలి నిరోధం హెచ్చుకావడమే.

''తలుపు పిడి తిప్పి తలుపు తెరిచాను. ఫ్రైక్రాఫ్ట్ కనిపిస్తాడని సహజంగా అనుకున్నాను.

''కాని అతను లేడు; నా జన్మలో అంత షాక్ ఎన్నడూ ఎరగను. అతని గది అంతా చిందరవందరగా ఉన్నది. పుస్తకాలూ కాగితాల మధ్య పళ్లేలూ, ప్లేట్లూ ఉన్నాయి. చాలా కుర్చీలూ బోల్తాపడి ఉన్నాయి. కాని ఫ్రైక్రాఫ్ట్ మట్టుకులేడు....

'''ఏం లేదులెండి, తలుపు ముయ్యండి' అన్నాడతను. అప్పుడతన్ని కనుక్కున్నాను.

''అతను వాకిలి పక్క ఉన్న మూలలో ఎగువగా కప్పుకేసి ఎవరో అంటించినట్టుగా ఉన్నాడు. అతని ముఖాన ఆదుర్దా, ఆగ్రహమూ తాండవిస్తున్నాయి. అతను రొప్పుతూ చేతులాడించాడు, 'తలుపు ముయ్యండి. ఆ ఆడది పట్టుకున్నదంటే....'

''తలుపు మూసి, అతనికి దూరంగా వెళ్లి ఆశ్చర్యంతో చూశాను.

'''పట్టు తప్పికిందపడ్డారంటే మెడ విరిగిపోతుంది ఫ్రైక్రాఫ్ట్‌గారూ.'

'''అది జరిగినా బాగుండును' అంటూ బుస కొట్టాడు.

'''మీ వయస్సేమిటి? బరువేమిటి, యీ పిల్లతనపు చేష్టలేమిటి?'

'''ఊరుకోండి.... నేనంతా చెబుతాను' అని అతను చేతులాడించాడు.

'''అక్కడ మీకు పట్టెలా దొరికింద'ని అన్నాను.

''అంతలోనే చప్పున అతను దేన్నీ పట్టుకోలేదనీ, గాలితో నిండిన బుడగలాగా తేలికగా ఉన్నాడనీ నాకర్థమయింది. కప్పును ఎడంగా తోసేసి గోడ వెంబడి కిందికి దిగి రావటానికి అతను యాతన పడసాగాడు.

'''ఆ ఔషధ మహాత్యం' అంటూ అతను శ్రమతో రొప్పాడు.

''అతను మాట్లాడుతూ అజాగ్రత్తగా ఒక ఫ్రేము కట్టిన పటము పట్టుకున్నాడు. అది కాస్తా పట్టుసడలింది. అతను మళ్లీ కప్పుకు చేరుకున్నాడు. పటము సోఫాలో పడి పగిలింది. అతను కప్పుకు ఠపీమని కొట్టుకున్నాడు. అప్పుడు అతని వంపులూ, కీళ్లూ ఎందుకు సున్నంతో తెల్లగా ఉన్నాయో నాకర్థం అయింది. అతను ఈ సారి మరి కొంచెం శ్రద్ధ తీసుకొని గోడ పట్టుకుని దిగటానికి ప్రయత్నిస్తున్నాడు.

''అంత లావుపాటి మనిషి తలకిందులుగా కప్పునుంచి కిందికి దిగి రావడం నిజంగా అతి విచిత్రమైన దృశ్యం.

'''మందు మరీ బాగా పనిచేసింది' అన్నాడతను, 'దాదాపు బరువంతా పోయింది.'

''ఇకనేం, నాకంతా అర్థం అయిపోయింది.

'''అరె ఫ్రైక్రాఫ్ట్, మీక్కావలసింది లావు తగ్గించే మందు. కాని మీరు దానిని అస్తమానమూ బరువు అంటూ వచ్చేరు.... నేను సహాయం చేస్తానుండండి' అని చెయ్యి పట్టుకుని లాగానా దురదృష్టవంతుణ్ణి.

''పట్టు ఏమన్నా దొరుకుతుందేమోనని అతను కాళ్లతో తడువుకున్నాడు. విసురు గాలిలో జెండా ఎత్తి పట్టుకున్నట్టయింది నాకు.

'''ఆ బల్ల చూడండి దేవదారుది — చాలా బరువు. నన్ను దాని కిందికి చేర్చితీరా....'

''అలాగే చేశాను. అతను బల్లకింద కట్టేసిన బెలూనులాగా పొర్లసాగాడు. నేను అతనితో సంభాషించేను:

'''ఒకటి మట్టుకు ఖాయంగా మీరు చేయరాదు. ఇల్లు దాటి వెళ్లారో ఏకంగా పైకి తేలి పోతారు....'

''అతను ఈ కొత్త పరిస్థితికి అనుగుణంగా మారాలని చెప్పాను. ఇప్పుడు అసలు కర్తవ్యానికి వచ్చాం. అతను లోకప్పుమీద చేతులతో నడవడం నేర్చుకోవడం కష్టం కాదన్నాను.

'''నిద్రపోలేకుండా వున్నాను' అన్నాడతను.

''అదొక పెద్ద చిక్కేమీ కాదు. తీగ మంచానికి దిగువ వైపు మెత్తటి పరుపు అతికించి, పక్క బట్టలూ, దుప్పట్లూ కప్పుకునేవి గుండీల సహాయంతో అమర్చవచ్చునని సూచించాను.

''అతని గదిలో ఒక నిచ్చెన పెట్టించాం. అతని భోజనం పుస్తకాల బీరువాపైన ఏర్పాటు చేయబడింది. అతను కావాలన్నపుడల్లా కిందికి రావటానికి ఒక మంచి ఉపాయం తట్టింది. పుస్తకాల బీరువా పై అరలో 'ఎన్‌సైక్లోపీడియా బ్రిటానికా' (పదవ ముద్రణం) సంపుటాలు ఉంచితే కిందికి రావాలన్నపుడు రెండు సంపుటాలు తీసి పట్టుకుంటే చాలు. గోడల వెంబడి ఇనపకమ్ములు అమర్చినట్టయితే అతను వాటిని పట్టుకొని గది కింది భాగంలో తిరగవచ్చునని కూడా అనుకున్నాం....

''నేను చలిమంటకు సమీపంలో కూర్చుని అతని విస్కీ తాగుతున్నాను. అతను కప్పమూల తేలుతూ టర్కీ తివాసిని కప్పకు అతికిస్తున్నాడు. ఆ సమయంలో నాకు ఉపాయం తట్టింది.

'''అరె, పైక్రాఫ్ట్‌గారూ! ఇదంతా ఏమీ అవసరం లేదే; దుస్తులలో సీసం అమరిస్తే ఈ గొడవంతా వదుల్తుంది' అన్నాను.

''పైక్రాఫ్ట్ ఈ ఆలోచన విని ఆనందాశ్రువులు రాల్చినంత పని చేశాడు.

'''మళ్లీ కాళ్లమీద నిలబడగలగడం' అన్నాడు. 'సీసపు పలకలు కొని, సీసపు బిళ్లలు తయారుచేయించి, లోపల ధరించే దుస్తులకు వాటిని అవసరమైనంత వరకు కుట్టించండి. మీ బూట్ల పాదాలలో సీసం పెట్టించి, సీసపు చేతిసంచి పట్టుకోండి. ఇంకేమీ అవసరం

లేదు. ఇక్కడ ఖైదీగా ఉండటం మానేసి మీరు హాయిగా తిరగవచ్చు. ప్రైక్రాఫ్ట్‌గారూ! ప్రయాణాలు కూడా చేయవచ్చు' ఇంకా మంచి ఆలోచన వచ్చింది. 'మీకు పడవప్రమాద భయం కూడా వుండదు. మీరు చేయవలసిందల్లా మీ బట్టలు కొన్నిగాని, అన్నీగాని విసర్జించ డమూ అవసరమైన వస్తువులు చేత పట్టుకుని గాలిలో తేలడమూనూ.'''

ఇదంతా భౌతికశాస్త్రం దృష్ట్యా సరిగానే వున్నట్టు మొదట కనిపిస్తుంది. కాని అభ్యంత రాలు లేకపోలేదు. ప్రైక్రాఫ్ట్ బరువంతా పోయినప్పటికీ కప్పుదాకా పోలేదు!

ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం జ్ఞాపకం తెచ్చుకోండి. ప్రైక్రాఫ్ట్ స్థూల శరీరం ఎంత గాలిని తొలగిస్తుందో అంత గాలియొక్క బరువుకన్న అతని దుస్తులూ, జేబుల్లో వుండే వస్తువులూ తక్కువ బరువు గలవైనప్పుడే అతను కప్పుదాకా తేలగలుగుతాడు. ఆ గాలియొక్క బరువును మనం తేలికగా అంచనా కట్టవచ్చు. మన బరువూ, మన ఘనపరిమాణంతో సమాన ఘనపరిమాణంగల నీటి బరువూ ఇంచుమించు ఒకటిగానే ఉంటుంది. అది సుమారు 60 కి.గ్రా. నీటికన్న గాలి 770 రెట్లు తేలిక. అందుచేత మనిషితో సమాన ఘనపరిమాణం గల గాలి బరువు సుమారు 80 గ్రా. మాత్రమే ఉంటుంది. ప్రైక్రాఫ్ట్ ఎంత స్థూలకాయుడైనా 100 కి.గ్రా. కంటె బరువుండడు. అందుచేత అతను తొలగించే గాలి బరువు 130 గ్రా. మించదు. ప్రైక్రాఫ్ట్ దుస్తులూ, బూట్లూ, గడియారమూ, డబ్బు సంచీ మొదలైనవి తప్పక అంతకంటె హెచ్చు బరువుండాలి. అందుచేత అతను నేలపై ఉండగలడు. అతను తూలితే తూలుతాడేమో కాని బెలూనులాగా లేచి కప్పుకు తగులుకోలేడు. అతను నగ్నంగా ఉంటేనే ఆ పని జరుగు తుంది. దుస్తులు ధరించినప్పుడు అతను తేలిపోయే బెలూను పట్టుకున్నవాడిలాగ అవుతాడు. చిన్న గంతుతో పైకి లేస్తాడు. కాని గాలి పెద్దగా వీస్తూ ఉండకపోతే నింపాదిగా మళ్లీ కిందికి దిగుతాడు.

''శాశ్వతమైన'' గడియారం

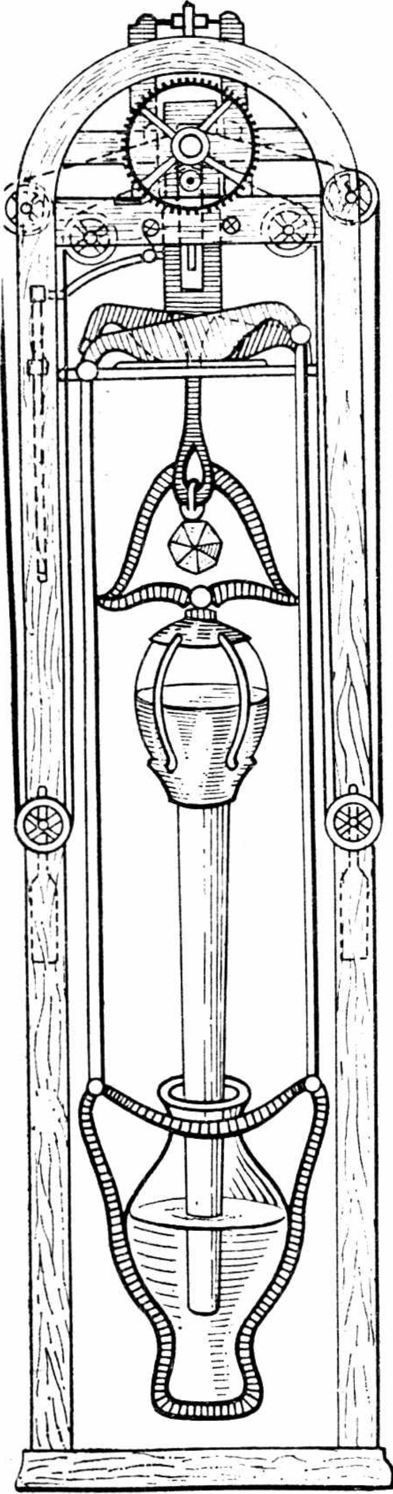
''శాశ్వత చలన'' యంత్రాలను గురించీ, వాటిని నిర్మించడంలో గల వైఫల్యం గురించీ మీకు ఇదివరకే తెలుసు. నేనిప్పుడు మరొక యంత్రం గురించి చెబుతాను. అది నడవడానికి అవసరమైన శక్తి ప్రకృతినుంచి లభిస్తుంది. కనక దానిని ''శక్తి ప్రసాదిత'' యంత్రం అంటాను.

ప్రతివాడు బరామీటరు పాదరసంది గాని, ఎనిరాయిడ్ గాని చూసి ఉంటారు. పాదరసం బరామీటరులో వాతావరణ పీడనములో కలిగే మార్పులనుబట్టి పాదరసం పైకి ఎక్కడమూ,

కిందికి దిగడమూ జరుగుతుంది. ఎనిరాయిడ్‌లో కూడా ముల్లును కదిలించేది గాలి ఒత్తిడిలో మార్పే. 18వ శతాబ్దికి చెందిన ఒక యంత్ర నిర్మాత గాలి ఒత్తిడి మార్పుల సహాయంతో ఆగకుండా నడిచే ఒక గడియారాన్ని తయారుచేశాడు. జేమ్స్ ఫెర్గ్యూసన్ అనే ప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త 1774లో యీ గడియారాన్ని చూసి, దాన్ని ఇలా వర్ణించేడు. ''నేనీ గడియారాన్ని చూశాను. ఇందులో విచిత్రంగా అమర్చిన బరామీటరులోని పాదరసం అస్తమానమూ పైకీ కిందికీ కదలడం ఆధారం చేసుకొని యీ గడియారం ఆగకుండా నడుస్తుంది. ఈ గడియారం నిలిచిపోతుందనుకోవడానికి కారణం కనపడదు. ఎందుచేతంటే దీనిలో సంచితమైన శక్తి ఎంత ఉన్నదంటే, బరామీటరును తీసివేసినా గడియారం ఏడాదిపాటు నడవగలదు. మర్మం లేకుండా చెప్పాలంటే నమూనాలో గాని, తయారీలో గాని ఇంత తెలివితో కూడిన యంత్రాన్ని నేనెన్నడూ చూడలేదు. దీనిని వివరంగా పరీక్షించి చెబుతున్నాను.''

దురదృష్టవశాన ఈ గడియారం తస్కరించబడింది. అది ఏమయినదీ ఎవరికీ తెలియదు. అయితే అదృష్టవశాన ఫెర్గ్యూసన్ దాని డ్రాయింగులు కొన్ని తయారుచేశాడు. అందుచేత దాని ఆకారం తెలుసుకోవచ్చు.

దాని యంత్ర భాగంలో ఒక పెద్ద పాదరసం బరామీటరున్నది (చిత్రం 72). అది రెండు పాదరస పాత్రలు గలది. వాటిలో 150 కి.గ్రా. పాదరసం ఉంటుంది. పై పాత్ర దిగువ భాగం కింది పాత్రలోని పాదరసంలో మునిగి ఉంటుంది. రెండు పాత్రలనూ ఒకే చట్రంలో వేలాడగట్టారు.



చిత్రం 72. 18వ శతాబ్దినాటి శక్తి ప్రసాదిత యంత్రం.

అయితే ఏ పాత్రకా పాత్ర విడిగా కదలగలదు. గాలి ఒత్తిడి హెచ్చినప్పుడు పై పాత్రను కిందికి దించి కింది పాత్రను పైకి ఎత్తేటట్లుగా లీవర్లు ఎంతో యుక్తిగా అమర్చబడ్డాయి. గాలి ఒత్తిడి తగ్గినప్పుడు దానికి విరుద్ధంగా జరుగుతుంది. పాత్ర లిలా కదిలినప్పుడల్లా ఒక చిన్న గేర్ చక్రం తిరుగుతుంది. అది ఎప్పుడూ ఒకే వైపు తిరుగుతుంది. గాలి ఒత్తిడిలో మార్పేమీ లేనప్పుడు ఈ చక్రం కదలకుండా వుండేది. ఇలాటప్పుడు గడియారం లోగడ సంపాదించిన శక్తితో ఆడుతూ ఉంటుంది. గడియారపు బరువులు ఒకేసారి పైకి లేచి, కిందికి దిగేటప్పుడు స్ప్రింగును "వైండు" చేసేలాగు చెయ్యడం చాలా కష్టసాధ్యమైన పని. కాని పాతకాలపు గడియారాల నిర్మాతలు యుక్తిగా దానిని సాధించారు. ఒక్కొక్కసారి గాలి ఒత్తిడిలో మార్పు కలిగించే శక్తి అవసరాన్ని మించి ఉండి, బరువులు సొంతం దిగక ముందే పైకి లేవడం జరిగేది. అందుచేత బరువులు సొంతం పైకి వెళ్లినమీదట వాటిని అప్పుడప్పుడు కొద్దికాలం పనిచేయకుండా తప్పించేందుకు యుక్తితో కూడిన ఒక ఏర్పాటు చేయవలసి వచ్చింది.

ఇలాటి "శక్తి ప్రసాదిత" యంత్రాలకూ, "శాశ్వత చలన" యంత్రాలకూ గల ముఖ్య వ్యత్యాసం స్పష్టమవుతూనే వుంది. శాశ్వత చలన యంత్రాల ఆశయం శక్తిని "ఉట్టుడియంగా" సంపాదించడం. వీటిలో అదేమీ లేదు. శక్తి బయటనుండి లభిస్తుంది. ఈ గడియారం విషయంలో సూర్యరశ్మిచేత గాలిలో నిక్షేపించబడిన శక్తి వాడబడుతుంది. ఈ యంత్రం "శాశ్వత చలన" యంత్రం అంత ఉపయోగకరంగానూ ఉంటుంది — అలాటి యంత్రం సృష్టి అయితే మాట — కాని "శక్తి ప్రసాదిత" యంత్రాల నిర్మాణం సాధారణంగా అమిత వ్యయంతో కూడుకున్నది.

ముందు ముందు ఇతర "శక్తి ప్రసాదిత" యంత్రాల గురించి ప్రస్తావించి అవి వ్యాపార దృష్టిలో ఏమాత్రమూ లాభదాయకం కావని నిరూపిస్తాను.

8 Зак. 17269

ఆరవ అధ్యాయం

ఉష్ణ క్రియలు

ఒక్త్యాబ్రస్కయ రైలు మార్గం ఎప్పుడు దీర్ఘతరమవుతుంది?

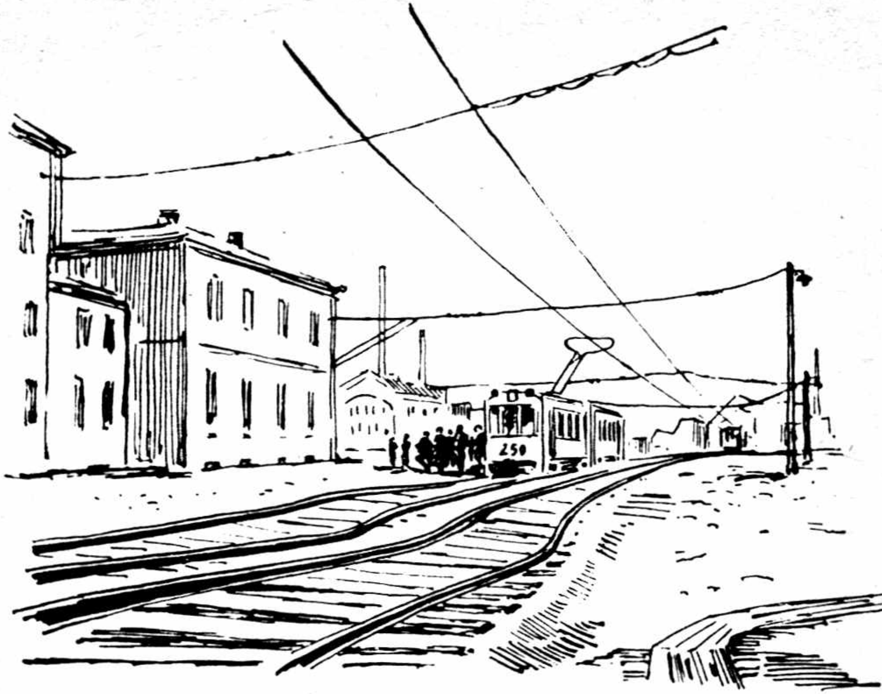
ఒక్త్యాబ్రస్కయ రైలు మార్గం* ఎంత పొడుగని అడగగా ఒకాయన ఇలా సమాధానం చెప్పాడు:

"సగటున దాని నిడివి 640 కి.మీ. అయితే అది చలికాలంలోకన్న వేసవిలో 300 మీ. ఎక్కువ వుంటుంది."

ఇది పైకి కనబడినంత వెర్రిమాట కాదు. రైలు మార్గం నిడివి అంటే ఆ రైలు పట్టాల నిడివే ననుకున్నట్టయితే, అది చలికాలంలోకన్న వేసవి కాలంలో హెచ్చుగా ఉండి తీరాలి. వేడికి రైలు పట్టాలు వ్యాకోచిస్తాయన్నది మరవ వద్దు. ఉష్ణం ఒక సెంటిగ్రేడు డిగ్రీ పెరిగినప్పుడల్లా పట్టా నిడివిలో లక్షో వంతుకన్న కొంచెం జాస్తిగా పెరుగుదల ఉంటుంది. వేసవిలో ఎండ బాగా తీక్ష్ణంగా ఉన్న రోజున పట్టాలు 30 – 40 డిగ్రీలను మించి వేడెక్కుతాయి. అప్పుడప్పుడు పట్టాలు ముట్టుకుంటే చుర్రుమనే అంతగా వేడెక్కుతాయి. చలికాలంలో వాటి ఉష్ణం – 25 డిగ్రీలకూ, ఇంకా తక్కువ కూడా దిగవచ్చు. చలికాలానికీ వేసవికీ 55 డిగ్రీలు వ్యత్యాసం ఉందనుకుందాం. రైలు మార్గం నిడివిని (640 కి.మీని 0.00001 పెట్టి, 55 పెట్టి) హెచ్చువేస్తే సుమారుగా కిలోమీటరులో మూడో వంతు వస్తుంది! అందుచేత మాస్కో – లెనిన్‌గ్రాడ్ రైల్వే శీతకాలంలోకన్న వేసవిలో కిలోమీటరులో మూడవ వంతు – ఉజ్జాయింపున 300 మీటర్లు – జాస్తిగా ఉంటుంది.

---

* మాస్కో లెనిన్‌గ్రాడ్‌ల మధ్య రైలు మార్గం. – సం.



చిత్రం 73. వేసవిలో ట్రాము పట్టాలు వంకర పోతాయి.

పెరిగేది రైలు మార్గం నిడివి కాదు, దాని పట్టాల మొత్తం నిడివి. యీ రెండూ ఒకటి కాదు, ఎందుకంటే రైలు పట్టాలు ఒకదాని కొకటి ఆని ఉండవు. వేడికి వ్యాకోచం పొందడానికి వీలుగా పట్టాల చివర్ల మధ్య ఖాళీ ఉంటుంది.* మనం పైన చేసిన గణితం ప్రకారం రైలు

---

*పట్టాల నిడివి 8 మీటర్లున్నట్టయితే పట్టాల మధ్య ఖాళీ 0°లో 6 మిల్లి మీటర్లుండాలి. యీ ఖాళీ పూడేలాగా పట్టాలు వ్యాకోచించడానికి 65 డిగ్రీల వేడి అవసరం. కొన్ని కారణాంతరాలవల్ల ట్రాము పట్టాల మధ్య ఖాళీ ఉంచడానికి వీల్లేదు. ట్రాము పట్టాలు భూమిలో అమర్చి ఉంటాయి గనకా, ఉష్ణస్థితిలో మార్పు జాస్తిగా ఉండదు కనకా, అవి వంపు తిరగవు, వాటిని అమర్చేటప్పుడు వంపు తిరగడానికి అవకాశం లేకుండా జాగ్రత్త పడతారు. అయినప్పటికీ మరీ వేడిగా ఉన్న రోజున ట్రాము పట్టాలు కూడా వంకరపోతాయి. చిత్రం 73లో ఇది చూపబడింది. యీ చిత్రం ఫోటోగ్రాఫునుంచి తయారు చేసినదే.

ఒక్కొక్కప్పుడు రైలు పట్టాలు కూడా ఇలాగే వంకరపోతాయి. రైలుమార్గం పల్లెడుగా ఉన్నప్పుడు రైలు పట్టాలను యీడ్చేస్తుంది. ఒక్కొక్క సారి పట్టాలకింద ఉండే "స్లీపరు"లను కూడా గుంజేస్తుంది. దీని ఫలితంగా పట్టాల మధ్య ఉండే ఖాళీ జాగాలు పోయి, పట్టాలు ఒక దానికొకటి నొక్కుకుంటాయి.

పట్టాలు వ్యాకోచించడానికి పట్టాల మధ్య గల ఖాళీలు అవకాశం కలిగిస్తాయి. చలి రోజులలో కంటె వేసవి రోజులలో ఒక్త్యాబ్స్క్రయ పట్టాల మొత్తం నిడివి 300 మీటర్లు జాస్తిగా ఉంటుంది.

శిక్షలేని చౌర్యం

మాస్కో, లెనిన్‌గ్రాడ్‌ల మధ్య ప్రతి శీతకాలంలోనూ అనేకవందల మీటర్ల నిడివిగల టెలిగ్రాఫు, టెలిఫోను తీగలు, ఎంతో ఖరీదైనవి, జాడలేకుండా పోతాయి. ఈ చౌర్యాన్ని గురించి ఎవరూ పట్టించుకోరు. దొంగ ఎవరో అందరికీ తెలుసు.

దొంగతనంచేసేది చలిదేవుడు. రైలు పట్టాలలాగే తీగలూనూ. తేడా ఏమిటంటే ఉక్కుపట్టాలకన్న రాగితీగలు ఒకటిన్నర రెట్లు వేడికి హెచ్చు వ్యాకోచిస్తాయి. పట్టాలలోలాగా తీగలలో ఖాళీ జాగాలుండవు గనుక, మాస్కో — లెనిన్‌గ్రాడ్ టెలిఫోను లైను వేసవిలోకన్న శీతకాలంలో 500 మీటర్లు తక్కువ వుంటుందని నిస్సంకోచంగా చెప్పవచ్చు. ప్రతి శీతకాలంలోనూ, చలి దాదాపు అరకిలోమీటరు తీగను దొంగిలించి తప్పించుకుపోతుంది! అయితే అందువల్ల టెలిఫోను టెలిగ్రాఫులు పనిచెయ్యడం నిలిచిపోవు. తిరిగి వేసవి రాగానే మాయమైన తీగ యావత్తూ తిరిగి వచ్చేస్తుంది.

చలికి సంకోచం పొందేవి తీగలు గాక వంతెనలయినట్టయితే చాలా ప్రమాదం. 1927 డిసెంబరులో పత్రికలలో ఈ వార్త వెలువడింది.

"ఇటీవల ఫ్రాన్సులో తీవ్రంగా వున్న మంచు కారణంగా పారిస్ నగరం మధ్యన సేన నదిపైగల వంతెన బాగా దెబ్బ తిన్నది. వంతెనయొక్క ఇనుప చట్రం ముడుచుకుపోయి రోడ్డు బ్లాకులు వెలికి వచ్చేశాయి. తాత్కాలికంగా వంతెనమీద ట్రాఫిక్కు నిలుపు చేయబడింది."

ఐఫెల్ టవరు ఎత్తెంత?

నేను మిమ్మల్ని ఐఫెల్‌టవరు ఎంత ఎత్తని అడిగితే మీరు వెంటనే "300 మీటర్లు" అని సమాధానం చెప్పకుండా ఏ కాలంలో — చలికాలంలోనా వేసవికాలంలోనా అని అడిగితే అడగవచ్చు.

అంత పెద్ద ఉక్కుకట్టడం అన్ని శీతోష్ణస్థితులలోను ఒకే ఎత్తుండదు మరి. 300 మీటర్ల నిడివిగల ఉక్కు చువ్వను 1 సెంటిగ్రేడు డిగ్రీ వేడెక్కిస్తే అది 3 మిల్లీమీ

టర్లు పెరుగుతుందని మనకు తెలుసు. ఐఫెల్‌టవరు ఎత్తు కూడా, ఒక డిగ్రీ వేడి హెచ్చిన ప్పుడు అంతే ప్రమాణంలో పెరగాలి. పారిస్‌లో మంచి ఎండగల వేసవిరోజున ఐఫెల్‌టవరు ఉష్ణస్థితి +40 డిగ్రీలుండవచ్చు. వానాకాలపు చలిలో +10 డిగ్రీలు మాత్రమే ఉండ వచ్చు, శీతకాలంలో '0' వరకూ, ఇంకా —10 డిగ్రీలు తక్కువో కావచ్చు. (అంతకంటె తక్కువ ఉష్ణోగ్రత పారిస్‌లో అరుదు.) ఐఫెల్‌టవరుయొక్క ఉష్ణస్థితిలో వ్యత్యాసం 40 డిగ్రీలూ, ఇంకా హెచ్చూ ఉంటుంది. అంటే ఐఫెల్‌టవరు ఎత్తులో మార్పు $3 \times 40 = 120$ మిల్లీమీటర్లు, లేక 12 సెం.మీ.

శీతోష్ణస్థితిలో కలిగే మార్పుల ప్రభావం గాలిమీదకంటె ఐఫెల్‌టవరుపై బహు సున్నితంగా ఉంటుందని కొలతలద్వారా రుజువయ్యింది. అది గాలికన్న త్వరగా వేడెక్కుతుంది. త్వరగా చల్లబడుతుంది. మబ్బుగా వున్న నాడు సూర్యుడు ఆకస్మికంగా మబ్బుల చాటునుంచి పైకి రాగానే ఐఫెల్‌టవరు ఆ మార్పుని ''గ్రహిస్తుంది.'' ఐఫెల్‌టవరు ఎత్తులో కలిగే మార్పులను గమనించడానికి ఒక ప్రత్యేకమైన నికెల్ - ఉక్కు మిశ్రమలోహపు తీగను ఉపయోగించారు. ఈ మిశ్రమలోహం శీతోష్ణపు ప్రభావానికి గురికాదు. ఈ అద్భుతమైన మిశ్రమలోహం పేరు ''ఇన్వార్.''* మార్పులేని అనే అర్థం ఇచ్చే లాటిను మాటనుంచి ''ఇన్వార్'' పుట్టింది.

కనుక, ఇనుముతో తయారైన ఐఫెల్‌టవరు ఒక్క సంతీము ఖర్చు కాకుండా చలిరోజు కన్న వేడిరోజున 12 సెం.మీ. పెరుగుతుంది!

గాజులోటాలూ, జలమానాలూ

అనుభవంగల ఇల్లాలు గాజుగ్లాసులో వేడి టీ పోసేటప్పుడు గ్లాసులో చంచా, ముఖ్యంగా వెండి చంచా ఉంచి గ్లాసు పగలకుండా చూస్తుంది. ఇది అనుభవంవల్ల లభించిన ఉపాయం. ఇందులోని మూలసూత్రమేది?

వేడినీరు పోస్తే గ్లాసు ఎందుకు చిట్లుతుంది?

---

* ఈ ఉక్కులో 35—37 శాతం నికెల్ ఉంటుంది. దీనితో గడియారాల లోలకములకు చువ్వలు తయారుచేస్తారు. ఈ చువ్వలు వేడికి వ్యాకోచమూ, చలికి సంకోచము పొందవు గనుక, పెండ్యులము నిడివి అన్ని కాలాలలోను ఒకటిగానే ఉంటుంది; గడియారం ఏడాది పొడుగున ఒకే వేగంతో నడుస్తుంది. — అను.

కారణం — గాజుయొక్క అసమానమైన వ్యాకోచం. గ్లాసులో వేడినీరు పొయ్యగానే దాని అన్ని భాగాలు ఒక్కసారిగా వేడెక్కవు. ముందు లోపలిభాగం వేడెక్కుతుంది. వెలుపలిభాగం చల్లగానే ఉంటుంది. వేడెక్కిన లోపలిభాగం వెంటనే వ్యాకోచం పొందుతుంది. వెలుపలి భాగం వ్యాకోచించదు గనుక, లోపలినుంచి వత్తిడికి గురి అవుతుంది. గ్లాసు చిట్లుతుంది.

మందమైన గ్లాసులు ఉపయోగిస్తే ఈ ప్రమాదం ఉండదనుకునేరు! అవి పలుచని గ్లాసులకన్న మరింత సులువుగా చిట్లుతాయి. పలుచని గ్లాసు త్వరగా వేడెక్కుతుంది, దాని అన్ని భాగాలు త్వరలోనే సమఉష్ణస్థితికి వస్తాయి. మందంగా ఉండే గ్లాసు నింపాదిగా వేడెక్కుతుంది.

పలుచని గ్లాసులు కొనేటప్పుడు ఒక్క విషయం మరచిపోరాదు, వాటి అడుగుభాగం కూడా పలుచగానే ఉండాలి. ఎందుకంటే ప్రధానంగా వేడెక్కేది గ్లాసు అడుగుభాగమే. అడుగు మందంగా ఉంటే, పక్కలు ఎంత పలుచగా ఉన్నా గ్లాసు చిట్లుతుంది. అడుగున ఎత్తైన అంచులుగల గ్లాసులు, పింగాణీ కప్పులు ఇలాగే పగులుతాయి.

గ్లాసు ఎంత పలుచగా ఉంటే అది అంత నిరపాయకరంగా వేడెక్కుతుంది. రసాయన శాస్త్రజ్ఞులు నీరు కాచడానికి అతి పలుచని గాజుపాత్రలు ఉపయోగిస్తారు, వాటిని ఏకంగా మంటమీద పెట్టేస్తారు.

వేడికి వ్యాకోచించని పాత్ర నిర్దుష్టమయినది. క్వార్ట్జ్ (శిలాస్ఫటికం) ఇంచుమించు ఇదే గుణం కలది. అది గాజుకన్న 15–20 రెట్లు తక్కువ వ్యాకోచిస్తుంది. పారదర్శకమైన క్వార్ట్జ్ పాత్ర ఎంత మందమైనదైనప్పటికీ వేడెక్కిస్తే పగలదు; ఎర్రగా కాల్చి మంచునీటిలో ముంచినా చెక్కు చెదరదు.* మరొక విషయమేమంటే క్వార్ట్జ్ గాజుకన్న మేలయిన ఉష్ణవాహకం.

టీ గ్లాసులు ఆకస్మికంగా వేడెక్కినప్పుడేగాక ఆకస్మికంగా చల్లబడినప్పుడు కూడా చిట్లుతాయి. యీ సారి వాటిని చిట్లగొట్టేది సంకోచం. ముందుగా గ్లాసు వెలపలి భాగం సంకోచం పొందుతుంది. దానిమూలంగా లోపలి భాగానికి సంపీడన కలుగుతుంది, ఎందుకంటే అది ఇంకా వేడిగా ఉండి సంకోచం పొంది ఉండదు. అనుభవంగల ఇల్లాలు వేడి జామ్ ఉంచిన జాడీని చన్నీటిలో పెట్టి చల్లార్చదు.

ఇక చంచా విషయానికి వద్దాం. అది గ్లాసు చిట్లకుండా ఎలా కాపాడుతుంది?

---

* క్వార్ట్జ్ 1700 సెంటిగ్రేడు డిగ్రీల వేడికి మెత్తబడుతుంది. అందుచేత దానితో చేసిన పాత్రలను లేబరేటరీలలో ఉపయోగిస్తారు.

మరుగు నీళ్ళు అమాంతంగా పోసినప్పుడు మాత్రమే గ్లాసుయొక్క లోపలి వెలపలి భాగాలు వ్యాకోచించడంలో వ్యత్యాసం జాస్తిగా ఉంటుంది. వెచ్చని నీటివల్ల గ్లాసు వేడెక్కడంలో పెద్ద హెచ్చు తగ్గులు ఉండవు. అంచేత గ్లాసుయొక్క వివిధ భాగాలలోని వ్యాకోచసంకోచాలలో కూడా తేడాలు అట్టే ఉండవు. వెచ్చని నీటికి గ్లాసులు చిట్లవు. గ్లాసులో చంచా పెట్టితే ఏమవుతుంది? గ్లాసులో మొదట పడే నీటి వేడిని కొంత వరకు చంచా తీసుకుంటుంది. అందుచేత నీటి వేడి తరిగి నిరపాయకరమవుతుంది. యీ లోపుగా గ్లాసు కొంత వేడెక్కుతుంది కనక, వేడి నీరు ఇంకా చేరినప్పుడు అది చిట్లదు.

సంగ్రహంగా చెప్పాలంటే, లోహపు టీ చంచా, ముఖ్యంగా భారీ అయినది గ్లాసును అసమంగా వేడెక్కనివ్వకుండానూ, చిట్లకుండాను, చేస్తుంది.

అయితే వెండి చంచాలో విశేషమేమిటి? వెండి మంచి ఉష్ణవాహకము. అది రాగి చంచాకన్న నీటినుంచి వేడిని వేగంగా గ్రహించగలదు. వేడి టీలో పెట్టిన వెండి చంచాను తాకితే చుర్రుమంటుంది. రాగి చంచా అలా చుర్రు మనదు; గనక చంచాను తాకి అది ఏ లోహందో తెలుసుకోవచ్చు.

గాజు అసమంగా వ్యాకోచించటంవల్ల గ్లాసులకే గాక బాయిలర్ల తాలూకు కొన్ని ముఖ్యభాగాలకు, బాయిలరులోని నీటి మట్టాన్ని తెలిపే జలమానాలకు చాలా ప్రమాదం. అవి గాజుగొట్టాలే. వాటి లోపలి భాగాలు వేడి నీటికీ, ఆవిరికీ వేడెక్కడంవల్ల వెలపలి భాగాలకన్న హెచ్చుగా వ్యాకోచిస్తాయి. దీనికితోడు నీటి ఒత్తిడీ, ఆవిరి ఒత్తిడీ కూడా ఉండడంచేత అవి బద్దలయే అవకాశాలు జాస్తి. ఇది నివారించడానికి వాటికి ఒక్కొక్క సారి జమల గొట్టాలు ఉపయోగిస్తారు. లోపలి గొట్టం వేడికి తక్కువ వ్యాకోచం చెందేదిగానూ వెలపలిది ఎక్కువ వ్యాకోచం చెందేదిగానూ ఉండేలాగు వాటికి వేరు వేరు గాజును ఉపయోగించి తయారు చేస్తారు.

స్నానశాలలో జోడు

''శీతకాలంలో పగళ్ళు తక్కువగానూ, రాత్రులు దీర్ఘంగానూ ఎందుకుంటాయి? వేసవిలో దీనికి విరుద్ధంగా ఎందుకుంటాయి? శీతకాలంలో పగలు తక్కువగా ఎందు కుంటుందంటే, మిగతా అన్నిటిలాగే అది కూడా చలికి సంకోచం పొందుతుంది కనుక. అయితే రాత్రి వ్యాకోచిస్తుంది — దీపాలు అవీ వెలిగిస్తాంకదూ,'' అంటాడు చేహొవ్ సృష్టించిన ఒక ముసలి సార్జెంటు.

వాడి వివరణ మనకు హాస్యాస్పదంగాను అవివేకంగానూ ఉంటుంది. అయితే అటువంటి వివరణలను వెటకారం చేసేవారే అంత మూఢంగానూ ఉండే సిద్ధాంతాలను ప్రతిపాది

స్తారు. స్నానశాలలో కాలిజోడు పాదాని కెక్కకపోవటానికి 'కారణం పాదం వేడికి వ్యాకోచం పొందడమేనన్న సిద్ధాంతం మీరు విన్నారా? జోడు కాలికి ఎక్కని మాట నిజమేగాని, దానికి చేసే వివరణ మాత్రం పూర్తిగా తప్పు.

మొదటి సంగతి స్నానశాలలో మన శరీరాల వేడి దాదాపు ఏమీ పెరగదు. — ఎంత పెరిగినా ఒక సెంటిగ్రేడు డిగ్రీకి మించదు. ఒక్క టర్కిష్ బాత్‌లో మట్టుకు రెండు డిగ్రీలు పెరుగుతుంది. మన శరీరం పరిసరాలలోని వేడిని నిరోధించి తన ఉష్ణోగ్రతను ఒకే స్థితిలో ఉంచుకోగలదు.

అదీకాక యీ ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదలకు శరీరం ఎంత స్వల్పంగా వ్యాకోచిస్తుందంటే, జోడు తొడిగేటప్పుడు ఆ వ్యాకోచాన్ని గుర్తించలేం. మన ఎముకలూ కండరాలూ తమ ప్రమాణంలో పదివేలో వంతు కూడా వ్యాకోచించవు. అందుచేత పాదం పెరుగుదల సెంటిమీటరులో కొద్ది శతాంశాలు మాత్రమే ఉంటుంది. జోళ్లు అంత గుత్తంగా ఎన్నడూ వుండవు. సెంటిమీటరులో శతాంశమంటే వెంట్రుక వాసే కద.

అయితే వేడినీళ్ల స్నానం చేశాక పాదానికి జోడు ఎక్కడం కష్టమనే మాట మాత్రం నిజం. ఇందుకు కారణం వేడివల్ల వ్యాకోచించడం కాదు, రక్తపు పొంగు వలన కలుగుతుంది. చర్మం దళసరెక్కుతుంది. అది నాని సుకుమారంగా తయారవుతుంది. — అదీ అసలు కారణం, దీనికీ వేడివల్ల కలిగే వ్యాకోచానికి ఏమీ సంబంధం లేదు.*

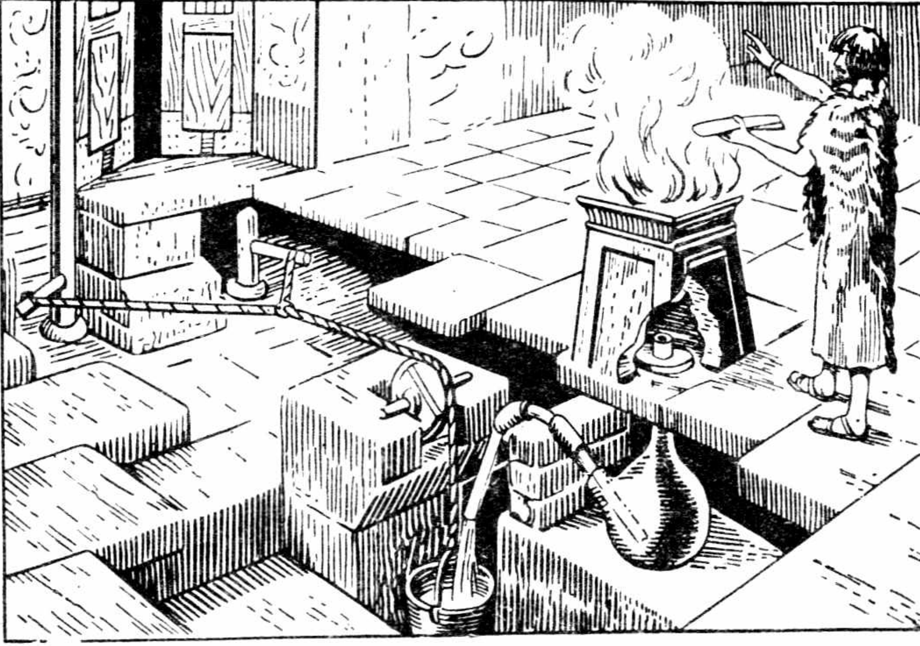
అద్భుతాలు చేసే పద్ధతులు

అలెగ్జాండ్రియా వాసి అయిన హీరో అనే గ్రీకు గణితశాస్త్రవేత్త ఒక జలయంత్రాన్ని సృష్టించాడు. అది ఆయన పేరుతో ఉన్నది. యీజిప్టులోని అర్చకులు భక్తులను మభ్య పెట్టడానికి చేసిన రెండు అద్భుతాల ''కిటుకు''లను ఆయన వివరించాడు.

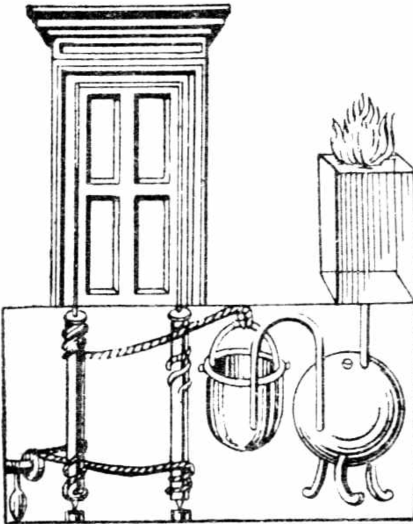
అందులో ఒకటి దేవాలయం తలుపులు వాటంతటవే తెరుచుకోవడం. దీని కిటుకు చిత్రం 74లో చూపబడింది. ఇందులో లోహంతో చేసిన అగ్ని పీఠం ఉన్నది. అది లోపల డొల్లగా ఉంటుంది. యీ పీఠం ఆలయద్వారానికి ఎదురుగా వుంటుంది. తలుపులు తెరిచే సాధనాలన్నీ నేలమీద పరచిన రాళ్లకు దిగువన ఉంటాయి. పీఠంమీద మంట చేసినప్పుడు దాని

---

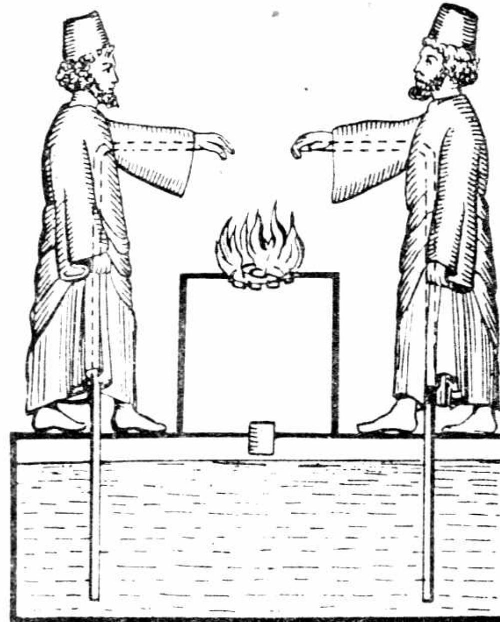
* మన దేశంలో స్నానానంతరం జోళ్లు ధరించే బాధ ఉండదు గాని, బిగుతైన ఉంగరాలూ, స్త్రీల గాజులూ, గుత్తంగా ఉండే బనీన్లూ, ఆడవాళ్ల రవికెలూ, జాకెట్లూ చాలా బాధ పెడతాయి. — అను.



చిత్రం 74. ఈజిప్టు దేవాలయ ''మహత్తులోని'' మర్మం. గుగ్గిలం మండేటప్పుడు తలుపులు తెరుచుకుంటాయి.



చిత్రం 75. ఆలయ ద్వారాలు తెరుచుకునే వైనం (చిత్రం 74తో పోల్చండి).



చిత్రం 76. ప్రాచీన కాలపు పూజార్లు చూపిన మరొక మోసపు అద్భుతం. మంటలో నూనె ఆగకుండా పడుతూండే పద్ధతి.

లోపల ఉండే గాలి వేడెక్కి వ్యాకోచం పొంది, దానికి కిందగా ఉన్న పాత్రలోని నీటిపై ఒత్తిడి చేసేది. ఆ నీరు ఒక గొట్టంగుండా బొక్కెనలోకి ప్రవహించి, బొక్కెనను క్రిందికి దించేది. అది కిందికి దిగేటప్పుడు దానికి కట్టిన తాడు తలుపులను తెరిచేది (చిత్రం 75). భక్తులు తామొక "అద్భుతం" చూస్తున్నామనుకునేవారు. ఎందుకంటే గుగ్గిలం వేసి ప్రార్థనలను చేయగానే ఆలయం తలుపులు వాటంతట అవే తెరుచుకునేవి. నేలకింద ఉన్న ఏర్పాటు గురించి వారెరుగరు గద.

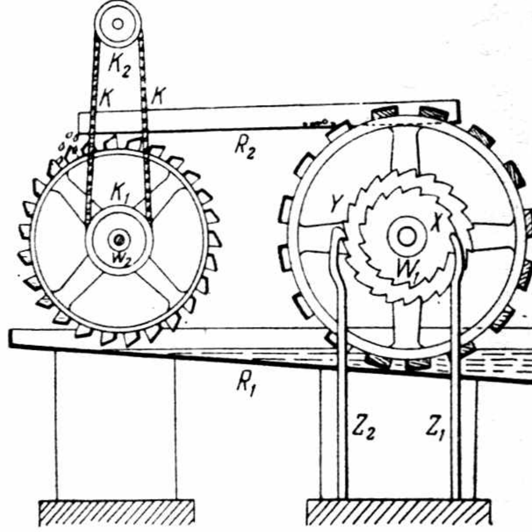
అర్చకులు చేసిన మరొక అద్భుతంయొక్క మర్మం చిత్రం 76లో చూపబడింది. అగ్ని పీఠంలో మంట మండేటప్పుడు దిగువనున్న ఖాళీలోని గాలి వ్యాకోచించి అర్చకుల దుస్తులలో దాగి ఉన్న గొట్టాలగుండా రిజర్వాయరులోనున్న నూనెని నెట్టేది. భక్తులు మంటలు చల్లారక పోవడమనే "అద్భుతం" చూసేవారు. భక్తులిచ్చిన కానుకలు తగినంతగా లేవని తోచినప్పుడు పూజారి రహస్యంగా రిజర్వాయరు బిరడా తీసేవాడు. అప్పుడందులోని గాలి మూతిలోనుంచి వెళ్ళిపోయేది. మంటలో నూనె పడడం నిలిచిపోయేది.

కీ ఇవ్వనక్కరలేని గడియారం

ఐదవ ప్రకరణం చివర తనంతటతానే నడిచే గడియారాన్ని గురించి చెప్పాను (పుటలు 112–113). వాతావరణపు పీడనంలో కలిగే మార్పుల సహాయంతో అది నడుస్తుంది. అలాటి మరికొన్ని గడియారాలను గురించి యిప్పుడు చెబుతాను. వేడివల్ల కలిగే వ్యాకోచం ఆధారంతో ఇవి నడుస్తాయి.

చిత్రం 77లో ఒకదాని మెకానిజం చూపబడింది. ఇందులో ప్రధానమైనవి Z_1, Z_2 అనే కడ్డీలు. వీటిని ఒక ప్రత్యేక మిశ్రలోహంతో తయారుచేస్తారు. ఆ లోహానికి వ్యాకోచ గుణకం చాలా హెచ్చుగా ఉంటుంది. Z_1 వ్యాకోచం పొందినప్పుడు X అనే చక్రం పళ్ళను పట్టుకొని కుడినుంచి ఎడమకు చక్రాన్ని తిప్పుతుంది. Z_2 చలివల్ల సంకోచం పొందినప్పుడు Y అనే చక్రం పళ్ళను పట్టుకుని అదే వైపు తిప్పుతుంది. రెండు చక్రాలూ W_1 అనే ఇరుసుమీద ఉంటాయి. ఆ ఇరుసుమీదనే ఇంకొక పెద్ద చక్రం అంచున తొట్టెలు గలది ఉంటుంది. యీ చక్రంయొక్క దిగువ భాగం R_1 అనే పాదరసపు తొట్టెలో మునిగి ఉంటుంది. ఆ తొట్టె ఏటవాలుగా ఉంటుంది. చక్రానికి గల తొట్టెలు పాదరసాన్ని కింది ఏటవాలు తొట్టెనుంచి ఎగువన ఉండే R_2 అనే తొట్టెలోకి చేర్చుతాయి. ఈ తొట్టె రెండో ప్రక్కకు వాలివుంటుంది. పాదరసం తొట్టె ఎడమప్రక్కకు ప్రవహించి

ఎడమ చక్రంయొక్క తొట్టెలలో పడి ఆ చక్రాన్ని తిప్పుతుంది. దాంతో KK అనే గొలుసు కదులుతుంది. ఈ గొలుసు K_1K_2 అనే చక్రాలకు తగిలించి ఉంటుంది. K_1 కూడా ఎడమవైపున చక్రంలాగే W_2 అనే ఇరుసుమీద అమర్చబడి ఉంటుంది. K_2 అన్న చక్రం గడియారానికి "కీ" ఇస్తుంది.



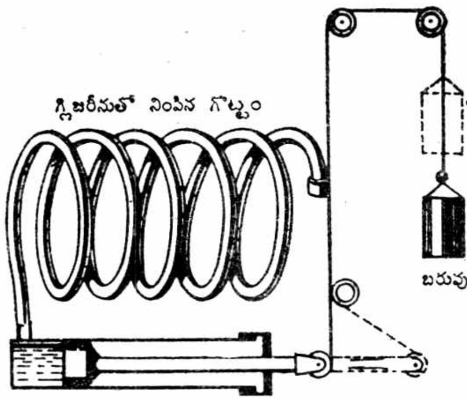
చిత్రం 77. తనంతట తానే నడిచే గడియార పటం.

ఎడమప్రక్క వుండే చక్రానికిగల తొట్టెలు పాదరసాన్ని R_1 అనే తొట్టెకు మళ్లీ చేర్చుతాయి. అది కుడిపక్కకు వాలి ఉంటుంది గనుక, పాదరసం కుడివైపు చక్రానికి తిరిగి అందుతుంది.

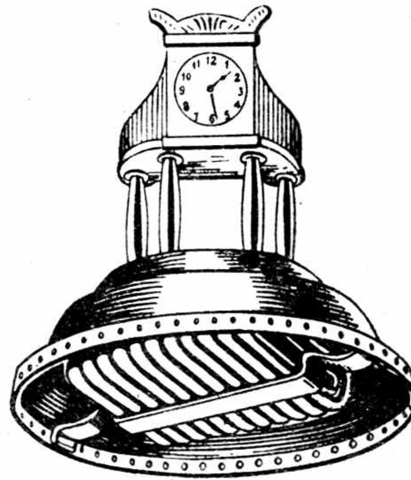
Z_1Z_2 అనే చువ్వలు వ్యాకోచమూ, సంకోచమూ పొందుతున్నంత కాలమూ ఈ గడియారం నడుస్తూనే ఉంటుంది. కావలసిందల్లా శీతోష్ణస్థితిలో మార్పులు ఉండడం. ఇది మన ప్రమేయం లేకుండానే జరుగుతుంది: పరిసరాలలోనున్న గాలి యొక్క ఉష్ణోగ్రతలో ఏ మార్పు కల్గినా అది చువ్వలలో వ్యాకోచమూ లేక సంకోచమూ కలిగిస్తుంది. దీనివల్ల గడియారపు స్ప్రింగు నెమ్మదిగా అయినప్పటికి ఎల్లప్పుడూ చుట్టుకుంటూనే ఉంటుంది.

దీనిని మనం "శాశ్వత చలన" యంత్రం అనవచ్చునా? ఎంతమాత్రం వీలులేదు. ఈ గడియారం అందులోని యంత్ర భాగాలు అరగిపోయేదాకా నడుస్తుంది. అయితే దాన్ని నడిపేది పరిసర వాతావరణంలోని వేడి. ఉష్ణంద్వారా కలిగే వ్యాకోచంవల్ల ఏర్పడిన శక్తిని నిలువజేసి ఉంచుకొని, గడియారాన్ని నడపడానికి కొంచెంకొంచెమే ఉపయోగించుకొంటుంది. ఇది వాస్తవానికి "శక్తి ప్రసాదిత" యంత్రం. దీనికి మనమేమి చెయ్యనక్కరలేదు గాని ఇది "ఉట్టుడియంగా" శక్తిని సృష్టించదు. దీని శక్తికి మూలాధారం భూమికి ఉష్ణాన్ని ప్రసాదించే సూర్యుడు.

చిత్రాలు 78, 79లో "కీ" ఇవ్వనక్కరలేని మరొక గడియారం చూపబడింది. ఇందులోని ప్రధాన ద్రవం గ్లిజరీన్. గాలియొక్క వేడి హెచ్చినప్పుడు గ్లిజరీన్ వ్యాకోచం పొంది ఒక చిన్న బరువును పైకి లేపుతుంది. ఈ బరువు క్రిందికి (తనంతట) దిగేటప్పుడు గడియారం నడుస్తుంది. గ్లిజరీన్ $-30^{\circ}C$ ప్రాంతంలో ఘనీభవిస్తుంది, 290 డిగ్రీలకు కాని మరగదు, అందుచేత పట్టణాలలో బజారులలో, మిగిలిన బాహ్యప్రదేశాలలో ఇలాటి



చిత్రం 78. తనంతట తానే నడిచే మరొక గడియార పటం.



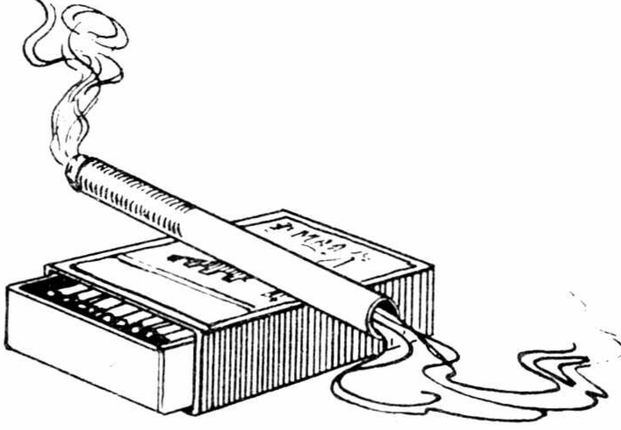
చిత్రం 79. తనంతట తానే నడిచే గడియారం. గ్లిజరీన్ నిండిన గొట్టాలు దిగువ భాగంలో అమర్చి ఉంటాయి.

గడియారాలను ఉపయోగించవచ్చు. ఇది నడవడానికి ఉష్ణోగ్రతలో రెండు డిగ్రీల మార్పు చాలు. ఇటువంటి గడియారాన్ని ఏడాదిపాటు పరీక్షించగా తృప్తికరంగా పని చేసింది.

ఇలాటివే భారీ అయిన యంత్రాలు నిర్మించడంవల్ల లాభం ఉంటుందా? ఇటువంటి శక్తి ప్రసాదిత యంత్రాలవల్ల ఆర్థికంగా చాలా కలిసివస్తుందని చప్పన అనిపించవచ్చు. ఇది నిజమో, కాదో చూద్దాం. మామూలు గడియారానికి కీ ఇచ్చి 24 గంటలు నడపటానికి కిలోగ్రాముమీటరులో 7వ వంతు శక్తి చాలుతుంది. దీని విలువ సెకండుకు కిలోగ్రాముమీటరులో 6 లక్షలవ వంతు మాత్రమే. [సెకండుకు కిలోగ్రాముమీటరు అంటే ఒక సెకండు కాలంలో ఒక కిలోగ్రాము బరువును ఒక మీటరు ఎత్తు ఎత్తడానికి ఉపయోగించే శక్తి. — అను.] అశ్వ సామర్థ్యము సెకండుకు 75 కి.గ్రా. మీటరులకు సమానం కాబట్టి "అశ్వ సామర్థ్యము" (HP)లో 4,50,00,000వ వంతుతో గడియారం నడుస్తుంది. [అశ్వ సామర్థ్యము (HP) అంటే ఒక సెకండుకాలంలో 550 పౌనుల బరువును ఒక అడుగు ఎత్తు ఎత్తడానికి అవసరమయ్యే శక్తి. — అను.] అందుచేత మొదటి గడియారంలోని చువ్వలు, రెండవ గడియారంలోని గొట్టం వగైరాలు ఒక్క కోపెక్ ఖరీదయ్యే పక్షంలో ఒక అశ్వ సామర్థ్యం శక్తిని ఉత్పాదన చెయ్యడానికి నాలుగున్నర కోట్ల కోపెక్‌లు, లేక నాలుగున్నర లక్షల రూబుళ్లు వ్యయమవుతుంది. "శక్తి ప్రసాదిత" యంత్రంగదా అని ఒక్క అశ్వ సామర్థ్యం శక్తికోసం నాలుగున్నర లక్షల రూబుళ్లు పెట్టుబడిచేయడం, నన్నడిగితే శుద్ధదండుగ.

బోధించే సిగరెట్టు

చిత్రం 80లో ఒక నిప్పుపెట్టెమీద కాలుతున్న సిగరెట్టు ఉన్నది. దాని వెనుకభాగం ఖాళీ గొట్టం. [అలాటి సిగరెట్లు రష్యాలో తయారవుతాయి. – అను.] సిగరెట్టు రెండు



చిత్రం 80. పొగ ఒక చివర ఎగువకు, రెండవ చివర దిగువకు పోతుందెందుకు?

కొసలనుంచి పొగ వెలువడుచున్నది. అయితే ఒక చివర అది పైకి పోతున్నది, రెండవ చివర క్రిందికి వస్తున్నది. దీనికి కారణమేమిటి? రెండు చివరల వెలువడేది ఒకే పొగ కదా?

నిజమే, కాని సిగరెట్టుకు నిప్పుండే చివర గాలి వేడెక్కి పైకి ప్రవహిస్తూ పొగ నలుసులను పైకి మోసుకెళ్లుతుంది. రెండవ చివర పొగతో సహా వెలువడే గాలి గొట్టంలో చల్లబడడం వల్ల పైకి లేవదు; పొగ నలుసులు గాలికంటే బరువు, అవి క్రిందికి దిగుతాయి.

మరిగే నీళ్లలో కరగని మంచుగడ్డ

ఒక శోధన నాళము తీసుకుని దానిలో నీరు నింపండి. అందులో ఒక మంచుగడ్డ ఉంచండి. మంచుగడ్డ నీరుకన్న తేలికకావడంచేత నీటిలో మునగదు. అందుకని దానిని శోధన నాళపు అడుగున ఉంచడానికి బరువు ఉపయోగించండి. బరువు మంచుగడ్డకు, నీటికి మధ్య సంపర్కంలేకుండా చేయరాదు. ఇప్పుడు శోధన నాళాన్ని సారా దీపముమీద పెట్టి వేడెక్కించండి. జ్వాల నాళపు పైభాగాన్ని మాత్రమే, చిత్రం 81లో చూపినట్టుగా,

స్పృశించాలి. త్వరలోనే నీరు మరిగి ఆవిరి కానారంభిస్తుంది. చిత్రమేమిటంటే, నాళపు అడుగున ఉండే మంచుగడ్డ కరగదు! చిన్న అద్భుతం అనవచ్చు — మరిగే నీటిలో కరగని మంచుగడ్డ.

ఇందులోని రహస్యమేమంటే, శోధన నాళపు అడుగున ఉండే నీరు మరుగదు. చల్లగా ఉంటుంది. నీరు పైభాగంలో మాత్రమే మరుగుతుంది. ''మంచుగడ్డ ఉన్నది మరిగే



చిత్రం 81. ఎగువన నీరు మరిగినా, దిగువన మంచు కరగదు.

నీటిలో'' కాదు, ''మరిగే నీటి దిగువన.'' వేడికి వ్యాకోచం పొందే నీరు తేలికకావడంచేత అడుగుకు దిగదు; శోధన నాళపు పైభాగానే ఉంటుంది. వేడినీరు, గోరువెచ్చని నీరు పైనే ఉంటుంది. వేడి దిగువకు చేరాలంటే ఉష్ణవాహకం కావాలి, కాని నీరు మంచి ఉష్ణవాహకం కాదు.

పైననా, క్రిందనా?

మనం నీరు కాచడానికి కాగును మంటమీద వుంచుతాము, గాని, పక్కగా ఉంచం. ఇదే సరియైన పద్ధతి, ఎందుకంటే మంటవల్ల వేడెక్కి పైకి లేచే గాలి పాత్రను పొదిగి ఉంటుంది. అందుచేత పాత్రను తిన్నగా మంట ఎగువనుంచడంవల్ల దాని వేడిని పూర్తిగా ఉపయోగింపగలుగుతాము.

కాని మంచుగడ్డతో దేనినైనా చల్లబెట్టాలంటే ఏమి చెయ్యాలి? చాలామంది చల్లబెట్టవలసిన పాలపాత్రనో మరొకదానినో తీసుకుపోయి మంచుగడ్డలపైన పెడతారు. ఇది సరికాదు. మంచుకు చల్లబడే గాలి బరువెక్కి కిందికి దిగిపోయి దాని స్థానంలోకి వెచ్చని గాలి వస్తుంది. కనుక పానీయాలను గాని, పదార్థాలను గాని చల్లబరచవలసివస్తే, వాటిని తీసుకుపోయి మంచుగడ్డమీద పెట్టకండి. వాటి మీద మంచుగడ్డ పెట్టండి.

ఈ విషయం ఇంకొంచెం వివరంగా చెపుతాను. నీటికూజా తెచ్చి మంచుగడ్డమీద పెట్టామనుకోండి. కూజాలో అడుగున వుండే నీరు మాత్రమే చల్లబడుతుంది. ఎగువనుండే నీటిచుట్టూ ఉండేది వెచ్చని గాలి. మనం మంచుగడ్డను కాని మూత మీద పెట్టినట్టయితే, నీరు మరింత వేగంగా చల్లబడుతుంది. చల్లబడిన నీరు పైనుంచి కిందికి దిగి, దాని స్థానాన్ని చల్లబడని నీరు ఆక్రమించుతూ వస్తుంది. నీరంతా చల్లబడే దాకా ఇలాగే సాగుతుంది.* ఇదే సమయంలో మంచుగడ్డకు చల్లబడిన గాలి కిందికి దిగి పాత్రను ఆవరించి ఉంటుంది.

మూసిన కిటికీనుంచి ఈదర గాలి

మూసి వున్న కిటికీదగ్గరనుంచి, అందులో కంతలేవీ లేకపోయినప్పటికీ మనకు తరుచు యీదర గాలి కొట్టుతుంది. [యీ అంశం కింద చెప్పిన విషయాలు చలిదేశాలలో వారికి బాగా వర్తిస్తాయి. — అను.] యిది వింతగానే కనబడవచ్చు గాని, ఆశ్చర్యం కాదు.

గదిలోని గాలి నిశ్చలంగా ఎన్నడూ వుండదు. గాలి వేడెక్కి, చల్లబడి అందులో కానరాని ప్రవాహాలు ఏర్పడుతూనే ఉంటాయి. వేడెక్కిన గాలి పలచబడి తేలికవుతుంది, చల్లబడినప్పుడు దాని సాంద్రత పెరిగి అది బరువెక్కుతుంది. కిటికీలకు, చల్లని గోడలకు దగ్గిరగా ఉండే గాలి బరువు కావడంచేత నేలకేసి దిగుతుంది; దానికి చోటిచ్చి, తేలికయిన వెచ్చని గాలి కప్పుకేసి లేస్తుంది.

గాలిలో తేలిపోగల చిన్న బెలూను ఈ గాలి ప్రవాహాలను తేలికగా వ్యక్తపరుస్తుంది. బెలూను పైకప్పుదాకా తేలిపోయి అక్కడ అంటుకుపోయి ఉండకుండా గాలిలో స్వేచ్ఛగా

---

*శుద్ధమైన నీరు $0^\circ C$ దాకా చల్లబడదు, $4^\circ C$ దాకా మాత్రమే చల్లబడుతుంది. ఆ ఉష్ణస్థితిలో దాని సాంద్రత అత్యధికంగా ఉంటుంది. అయినా మనకి పానీయాలను 0° దాకా చల్లబరచే అవసరమేముంది!

ఎగిరేటట్టుగా ఒక చిన్న బరువును బెలూనుకు కట్టండి. ఆ బెలూనును చలి కుంపటి దగ్గరనో, రేడియేటరు దగ్గరనో వదలండి. అది వెంటనే గాలిప్రవాహం వెంబడి పైకి లేచి, గది చుట్టూ తిరిగి కిటికీ కేసి వెళ్లి, అక్కడనుంచి చలి కుంపటి (రేడియేటరు) సమీపానికి వస్తుంది. తిరిగి అది ఆ మార్గాన్నే బయలుదేరుతుంది.

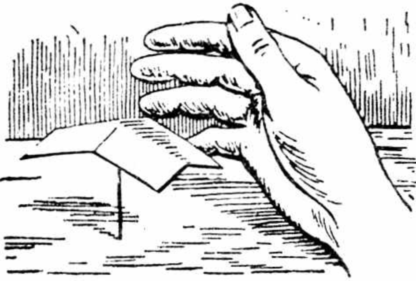
అందుకే మనకు, ముఖ్యంగా పాదాలమీదే యీదర గాలి తగిలినట్టు భావన కలుగుతుంది. శీతకాలంలో కిటికీ మూసి వున్నప్పుడు కూడా యీదరగాలి కిటికీమీదనుంచే వస్తూన్నట్టు తోస్తుంది.

వింత భ్రమణం

పలచని ఉల్లిపొర కాగితం తీసుకుని దానిని చతురస్రాకారంలో తయారు చేయండి. దానిని నిలువుగాను, అడ్డంగాను, మధ్యకు మడిచి సరిచేసినట్టయితే మడతలు కలిసిన చోట దాని "గరిమనాభి" ఉంటుంది. బల్లమీద ఒక సూది నిలువుగా అమర్చి దాని కొనమీద కాగితపు గరిమనాభి ఆనేటట్టు కాగితాన్ని ఉంచినట్టయితే సూదిపైన అది తూకంగా నిలబడుతుంది. కాని ఏ మాత్రం గాలి వీచినా కాగితం సూదికొనమీద తిరగడం మొదలుపెడుతుంది.

ఇంతవరకు వింత యేమీ లేదు. ఇప్పుడు చిత్రం 82లో చూపినట్టుగా చేతిని కాగితానికి చేరువగా తీసుకురావాలి. యీ పని విసురుగా చేస్తే గాలి విసురుకు కాగితం కింద పడిపోగలదు. చెయ్యిదగ్గరకు రాగానే కాగితం గుండ్రంగా తిరగనారంభిస్తుంది. దాని భ్రమణం మొదట నింపాదిగా వుండి, క్రమంగా వేగం హెచ్చుతుంది. చెయ్యి తీసివేస్తే, భ్రమణం నిలిచిపోతుంది, మళ్లీ దగ్గరచేస్తే మళ్లా ఆరంభమవుతుంది.

యీ వింత భ్రమణం చూసి ఒకప్పుడు — గత శతాబ్ది ఏడవ దశాబ్దిలో — అనేకమంది మన శరీరాలకు ఏదో అతీతశక్తులున్నాయనుకున్నారు. శరీరాలలో వింత ద్రవాలుంటాయనే సిద్ధాంతం రుజువయినట్టు ఆధ్యాత్మిక వాదులు భావించారు. వాస్తవానికి ఇందులో అసహజమేమీ లేదు. మనం చేతిని కాగితానికి సమీపంగా తెచ్చినప్పుడు చేతివేడికి అక్కడి గాలి వెచ్చబడి, పైకి లేచేటప్పుడు కాగితాన్ని తోస్తుంది. అందువల్ల కాగితం తిరుగుతుంది. కొద్ది మడతలు ఉండటంచేత కాగితం తిరుగుతుంది.



చిత్రం 82. ఈ కాగితం ముక్క ఎందుకు తిరుగుతుంది?

సర్పిలాకారంలో కత్తిరించిన కాగితాన్ని దీపం చిమ్నీపైన వేళ్లాడకడితే అది యిలాగే తిరుగుతుంది.

కొంచెం జాగ్రత్తగా గమనించినట్టయితే కాగితం ఎప్పుడూ ఒకే వైపుగా తిరగటం కనిపిస్తుంది. అది మణికట్టునుంచి వేళ్ల కొసల దిక్కుగా తిరుగుతుంది. వేళ్ల కొసలకన్న అరచెయ్యి హెచ్చు వేడిగా వుండటమే ఇందుకు కారణం. అంచేత అరచెయ్యి దగ్గర వేళ్ల వేడివలన పుట్టిన ప్రవాహంకంటే శక్తివంతమైన గాలిప్రవాహం ఏర్పడుతుంది. ఈ ప్రవాహం ఊర్ధ్వదిశలో ఉండి కాగితాన్ని పైకి బలంగా నెట్టుతుంది.*

చలికోటు వెచ్చబరుస్తుందా?

మీ బొచ్చుకోటు మిమ్మల్ని ఏమాత్రం వెచ్చబరవదని ఒకేవేళ నేనంటే, నేను మిమ్మల్ని మోసగిస్తున్నానని అనుకోవచ్చు. కాని ఆ విషయం రుజువు చేయనా? యీ క్రింది ప్రయోగం చెయ్యండి.

మామూలు థర్మామీటరులో టెంపరేచరు ఎంత కనిపిస్తున్నదీ, గమనించి, దాన్ని మీ బొచ్చుకోటులో చుట్టిపెట్టి కొన్ని గంటలుండనివ్వండి. తరవాత ఎంత టెంపరేచరు చూపిస్తుందో చూడండి. మొదట ఎంత చూపిందో అంతే ఉంటుంది. మీ బొచ్చుకోటు మీకు వేడినివ్వదు అది ఇప్పుడైనా నమ్ముతారా? మీ బొచ్చుకోటు వేడినివ్వకపోవడమే కాక పైపెచ్చు చల్లబరుస్తుంది అంటే మీరు నమ్మకపోవచ్చు. రెండు సంచులనిండా మంచుగడ్డ ముక్కలు వేసి ఒక సంచిని మీ కోటులో చుట్టిపెట్టండి. రెండో సంచిని ఏ మూతాలేకుండా ఉండనివ్వండి. రెండో సంచిలోని మంచంతా కరిగినాక కోటులో చుట్టి పెట్టిన సంచి పైకి తియ్యండి. అందులోని మంచుగడ్డ ఇంకా గట్టిగా ఉంది. కరగనారంభించనేలేదు. చూశారా? కోటు దానికి కొంచెం కూడా వేడినివ్వలేదు; పైపెచ్చు దాన్ని చల్లబెట్టి కరగకుండా ఉంచినట్టు కూడా కనబడుతున్నది!

ఇందులో కాదనడానికి ఏముంది? ఈ వాదాలను ఖండించడం ఎలాగ?

---

*అన్నట్టు, జ్వరంతో వున్నవాడు తన చేతిని సమీపంగా తెచ్చినట్టయితే కాగితం మరింత వేగంగా తిరుగుతుంది. ఒకప్పుడు అందరికీ దిగ్భ్రమ కలిగించిన యీ భ్రమణం గురించి 1876లో మాస్కో మెడికల్ సొసయిటీకి ఒక లేఖ కూడా వచ్చింది. (ఎన్.పి. నెచాయెవ్ రచించిన ''చేతి వేడివల్ల తేలిక వస్తువులలో కలిగే భ్రమణం.'')

వెచ్చబరచడమంటే వేడిని సరఫరా చేయడమనుకునేటట్టుంటే కోటు ఆ పని చెయ్యదు. ఆ పని దీపం చేస్తుంది. కుంపటి చేస్తుంది. మన శరీరాలు చేస్తాయి. ఇవన్నీ ఉష్ణానికి మూలాధారాలు. మీ బొచ్చుకోటు ఉష్ణానికి మూలాధారం కాదు. అందులో మొదట వేడి ఉంటే కదా ఇవ్వడానికి? మన శరీరాలు తమ వేడిని కోల్పోకుండా మాత్రమే అది చెయ్యగలదు. అందుకనే వేడినుత్పత్తి చేసుకునే ఉష్ణరక్త ప్రాణులు బొచ్చు లేనప్పుడుకన్నా ఉన్నప్పుడు ఎక్కువ వెచ్చదనం అనుభవిస్తాయి. మనం ప్రయోగంలో ఉపయోగించిన థర్మామీటరు వేడిని ఉత్పత్తిచేయదు. అందుకే కోటులో చుట్టిపెట్టిన మాత్రాన దాని ఉష్ణోగ్రత పెరగదు. కోటులో చుట్టిపెట్టిన మంచుగడ్డ కరగకపోవడానికి కూడా కారణం కోటు మంచి ఉష్ణవాహకం కానందువల్ల బయటి వేడి మంచుగడ్డను చేరి, దాన్ని కరిగించలేదు.

నేలమీద మంచు కూడా బొచ్చుకోటులాటిదే, అన్ని చూర్ణ పదార్థాలలాగే మంచు కూడా చెడ్డ ఉష్ణవాహకం. ఆ కారణంచేత అది భూమిలో ఉండే వేడిని కాపాడుతుంది. మంచులేని చోట ఉండే నేలలోపల ఉష్ణంకన్న మంచు అడుగున ఉండే నేలలోని వేడి 10 డిగ్రీలు హెచ్చుగా ఉంటుంది.

ఇంతకీ ''చలికోటు వేడినిస్తుందా?'' అన్న ప్రశ్నకు సమాధానం ఇలా చెప్పాలి: ''మనం వెచ్చగా ఉండడానికి మాత్రమే అది తోడ్పడుతుంది. ఇంకా కోటుకే మనం వేడినిస్తాం.''

భూమిలోపలి ఋతువులు

భూమిమీద గ్రీష్మం నడుస్తున్నది. భూతలం దిగువన మూడు మీటర్ల (10 అడుగుల) లోతున ఏ ఋతువు నడుస్తూ ఉంటుంది?

వేసవే అనుకుంటున్నారా? పొరపాటు. మనం అనుకునే ఋతువు కానేకాదు. అసలు సంగతేమంటే నేల మంచి ఉష్ణవాహకం కాదు. లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో విపరీతంగా మంచు పడుతున్నప్పుడు కూడా నీటి గొట్టాలు (నీరు గడ్డకట్టి) బద్దలు కావు; ఎందుకంటే అవి రెండు మీటర్ల లోతున ఉంటాయి. నేలకు పైభాగాన కలిగే శీతోష్ణపు మార్పులు దిగువ నుండే వేరువేరు పొరలకు అందడంలో చాలా జాప్యం జరుగుతుంది. లెనిన్‌గ్రాడ్ మండలంలోని స్లూట్స్క్ పట్టణంలో పరీక్షించినమీదట తేలినదేమంటే, మూడు మీటర్ల లోతున అత్యధిక ఉష్ణం 76 రోజులు ఆలస్యంగాను, అత్యధిక శీతలం 108 రోజులు ఆలస్యంగాను వస్తుంది. నేలపైన అత్యధిక ఉష్ణం జూలై 25న కలిగితే, నేలకు మూడు మీటర్ల అడుగున అత్యుష్ణ

దినం అక్టోబరు 9! అతిశీతలదినం నేలపైన జనవరి 15 అయితే, అదే లోతున అతిశీతల దినం మే నెలదాకా రాదు. ఇంకా లోతుకు పోతే ఈ రోజులు మరింత ఆలస్యంగా వస్తాయి.

లోతుకు వెళ్లిన కొలదీ ఉష్ణస్థితిలో కలిగే మార్పులు సన్నగిల్లుతూ, ఒక లోతుకు వెళ్లేసరికి ఉష్ణస్థితిలో అసలు మార్పే ఉండదు, ఇక్కడ శతాబ్దాల తరబడి ఒకే ఉష్ణోగ్రత ఉంటుంది. అదే ఆ ప్రాంతంయొక్క సగటు వార్షిక ఉష్ణోగ్రత. పారిస్ వేధశాలలో 28 మీటర్ల లోతున ఉండే నేలమాళిగలలో లవాసియర్ 150 చిల్లర సంవత్సరాలక్రితం ఒక థర్మామీటరు ఉంచాడు. అది వెంట్రుక వాసి తేడాలేకుండా అప్పటికీ ఇప్పటికీ $+11.7^{\circ}C$ చూపుచున్నది.

ఆవిధంగా భూమిపైన మనకుండే ఋతువులు ఎన్నడూ భూమిలోపల ఉండవు. మనకు శిశిర ఋతువైనప్పుడు మూడు మీటర్ల దిగువన ఇంకా శరత్‌కాలం ఉంటుంది. అయితే అది మనకుండే శరత్‌కాలంలాటిది కాదు. అక్కడ ఉష్ణస్థితిలో మార్పు అంత జాస్తీగా ఉండదు. మనకు గ్రీష్మమప్పుడు అక్కడ శిశిర, హిమాల ప్రభావం ఇంకా మిగిలి ఉంటుంది.

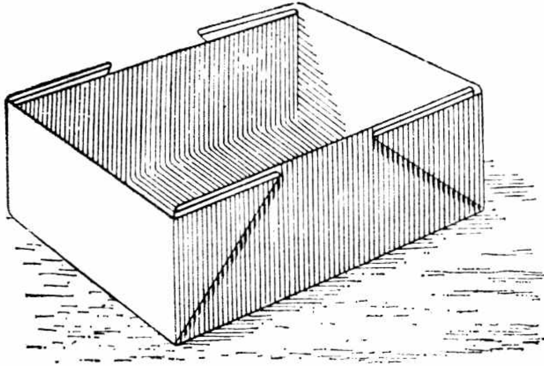
భూమి అడుగున నివసించే క్రిముల జీవన పరిస్థితులను గురించి (పేడ పురుగు గుడ్లు మొదలయినవి) చెట్లయొక్క భూమిలోపలి భాగాల గురించి ఆలోచించేటప్పుడు ఈ విషయం జ్ఞప్తిలో ఉంచుకోవడం అవసరం. ఉదాహరణకు, శీతకాలంలో చెట్ల వేళ్లలోని జీవకణాలు పెరుగుతాయి. కేంబియం అనే ధాతువు దాదాపు వేసవంతా పనిచేయకుండా ఉండిపోతుంది; ఇందులో ఆశ్చర్యమేమీ లేదు, అదే నేలకు ఎగువనుండే వృక్షభాగంలోని ధాతువు దీనికి విరుద్ధంగా ప్రవర్తిస్తుంది.

కాగితపు పాత్ర

చిత్రం 83 చూడండి. కాగితపు కప్పలోని గుడ్డు ఉడుకుతున్నది. కాగితం కాలి బొక్క పడి, నీరు మంటపై పడి మంట చల్లారిపోదా? చేసి చూడండి. తీగకు ఒక దళసరి కాగితం దృఢంగా తగిలించి (లేదా, చిత్రం 84లో చూపినటువంటి కాగితపు పెట్టె తయారు చేసి) అందులో గుడ్డును ఉడక పెట్టండి. కాగితానికి ఏమీకాదు! ఎందుకంటే నీటిని $100^{\circ}C$ — నీరు ఆవిరిగా మారే ఉష్ణోగ్రత — మించి వేడెక్కించడం సాధ్యం కాదు. నీటికి ఉష్ణగ్రహణ శక్తి చాలా హెచ్చు అందుచేత అది కాగితంయొక్క ఉష్ణాధిక్యతను అనుగ్రహించి కాగితం ఉష్ణోగ్రతను $100^{\circ}C$ మించి దాటి పోనివ్వకుండాను అది జ్వలించకుండాను చేస్తుంది. [నీరు మంచి ఉష్ణవాహకం కాదని ఇంతకు మునుపు తెలుసుకున్నాం.



చిత్రం 83. కాగితపు పాత్రలో ఉడికే గుడ్డు.



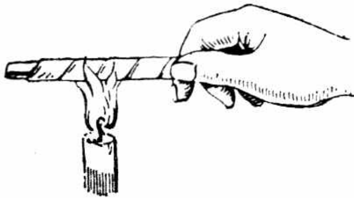
చిత్రం 84. నీరు మరిగించడానికి కాగితపు పెట్టె.

ఉష్ణవాహక శక్తికి ఉష్ణగ్రహణశక్తి విరుద్ధంగా ఉంటుంది. మంచి ఉష్ణవాహకాలైన లోహాలకు ఉష్ణగ్రహణశక్తి చాలా తక్కువ. కొద్ది వేడికే వాటి ఉష్ణోగ్రత హెచ్చుతుంది. — అను.] జ్వాలలు "నాకుతున్నప్పటికీ" కాగితం అంటుకోదు.

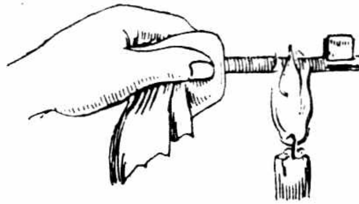
నీటికి ఈ గుణం ఉండడంచేతనే పొయ్యిమీద పెట్టిన కెటిల్ పగలదు. మనం పరధ్యానంగా ఉత్త కెటిలు పొయ్యి మీద పెట్టినట్టయితే అది పగిలిపోతుంది. ఈ కారణంచేతనే టంకం వేసి అతికిన పాత్రలను నీరు లేకుండా పొయ్యిమీద పెట్టరాదు.

పేకముక్కతో చిన్న పెట్టె తయారుచేసి అందులో సీసం బిళ్లను కరగ బెట్టవచ్చు. సీసం బిళ్లను జ్వాలకు సూటిగా ఉంచాలి. సీసం మంచి ఉష్ణవాహకం గనుక, పెట్టెకు సోకే వేడిని శీఘ్రంగా గ్రహిస్తుంది. సీసం 335°C వేడికి కరుగుతుంది. అది పెట్టెయొక్క వేడిని అంతకు మించి పోకుండా ఆపుతుంది. ఆ ఉష్ణోగ్రత కాగితాన్ని మండించడానికి చాలదు.

చిత్రం 85లో ఇంకొక ప్రయోగం ఉన్నది. ఒక లావుపాటి మేకుగాని, ఇనుప కమ్మీగాని, రాగి కమ్మీ అయితే మరీ మంచిది. తీసుకుని, దానికి ఒక సన్నని కాగితపు పీలిక బిగించి



చిత్రం 85. "కాలని" కాగితం.



చిత్రం 86. "కాలని" దారం.

చుట్టండి. తరవాత దానికింద మంటపెట్టండి. మంట కాగితాన్ని "నాకుతుంది," మసి పట్టిస్తుంది కూడా, కాని కమ్మీ ఎర్రగా కాలేదాకా అది మండదు. ఇందుకు కూడా లోహం మంచి ఉష్ణవాహకం కావడమే కారణం. ఈ ప్రయోగాన్ని గాజు కమ్మీతో చేస్తే ప్రయోజనం ఉండదు. చిత్రం 86లో చూపిన ప్రయోగంలో తాళపు చెవికి "కాలని" దారం బిగించి చుట్టి ఉన్నది.

మంచుమీద ఎందుకు జారుతుంది?

పాలిష్ చెయ్యని నేలమీదకన్న పాలిష్ చేసిన నేలమీద ఎక్కువగా జారుతుంది. అలా అయినప్పుడు నున్నటి మంచు గతుకుల మంచుకన్నా ఎక్కువ జారుడుగా ఉండాలిగదా?

కాని ఇందుకు విరుద్ధంగా స్లెడ్జి బండి (చక్రాలు లేని బండి) నున్నటి మంచుమీదకన్న గతుకుల మంచుమీద మరింత తేలికగా పోతుంది — స్లెడ్జి లాగిన ఉత్తర దేశవాసులకి ఈ సంగతి తెలుస్తుంది. నున్నటి మంచుకన్న గతుకుల మంచు ఎక్కువ జారుడుగా ఉండడం ఎలా సాధ్యమవుతుంది? మంచు జారుడుగా ఉండడానికి కారణం దాని నునుపు కాదు. ఒత్తిడికి గురి అయినప్పుడు మంచుయొక్క ద్రవీభవనాంకము తగ్గడం.

మంచుమీద స్కేట్‌లు ధరించి గాని, స్లెడ్జిమీద గాని వెళ్లితే ఏమవుతుందో చూద్దాం. స్కేట్‌లు ధరించినప్పుడు మన శరీరాల బరువంతా అతి కొద్ది చోట, కొద్ది చదరపు మిల్లి మీటర్లపైన పడుతుంది. రెండో ప్రకరణం జ్ఞప్తికి తెచ్చుకోండి. స్కేట్‌లు ధరించి కదిలేవాడు మంచుమీద గొప్ప పీడనం కలిగిస్తాడు. హెచ్చు పీడనం కలిగినప్పుడు మంచు తక్కువ వేడికే కరుగుతుంది. మాటవరసకు, మంచుయొక్క ఉష్ణోగ్రత $-5^{\circ}C$ ఉండి, స్కేట్‌లు ధరించిన వాడి బరువువల్ల స్కేట్ల కింద మంచుయొక్క ద్రవీభవనాంకము $5^{\circ}C$ తగ్గినట్టయితే ఆ మంచు కరుగుతుంది. దీని ఫలితంగా స్కేట్‌ల బద్దలకూ మంచుకూ మధ్య పలచని నీటి పొర ఏర్పడుతుంది. స్కేట్‌లు ధరించినవాడు తేలికగా జారుతాడు. లేక ముందుకు జరుగుతాడు. అతడు ముందుకు వెళ్లేసరికి అక్కడా ఇదే జరుగుతుంది. స్కేట్‌లు ధరించినవాడు విడవ కుండా పలచని నీటి పొరమీద జారుతూ పోతాడు. యీ లక్షణం గట్టిపడిన మంచుకు మాత్రమే ఉన్నది. ఒక భౌతికవిజ్ఞాన శాస్త్రజ్ఞుడు దాన్ని "ప్రకృతిలో ఉన్న ఒకే ఒక జారుడు వస్తువు" అన్నాడు. ఇతర వస్తువులు నున్నగా ఉంటాయి. కాని జారుడుగా ఉండవు.

మొట్టమొదటి సమస్యకు వద్దాం. నున్నటి మంచుకన్న గతుకుల మంచు ఎందుకు ఎక్కువ జారుడుగా ఉంటుంది? ఒకే బరువు ఎక్కువ జాగామీద పడినప్పుడుకన్న తక్కువ జాగామీద

పడినప్పుడు పీడనం హెచ్చుగా ఉంటుందని మనకు ఇదివరకే తెలుసు. మనిషి ఎప్పుడు హెచ్చు పీడనం కలిగిస్తాడు? నున్నని మంచుమీదనా గతుకుల మంచుమీదా? గతుకుల మంచుమీదనే నన్నది స్పష్టం ఎందుకంటే పీడనం కొద్ది మంచు బుడిపెలమీదనే పడుతుంది. పీడనం ఎంత హెచ్చుగా వుంటే మంచు అంత శీఘ్రంగా కరుగుతుంది. అందుచేత జారుడుగా అవు తుంది — అయితే స్లెడ్జి అడుగున ఉండే చెక్కలు తగినంత వెడల్పుగా ఉండాలి. (ఇది స్కేట్‌ల విషయంలో నిజంకాదు. ఎంచేతంటే వాటి అడుగున ఉండే బద్దలు సన్నగా ఉండడంవల్ల వాటి చలన శక్తి మంచు బుడిపెలను కోయడానికి వ్యయమవుతుంది.)

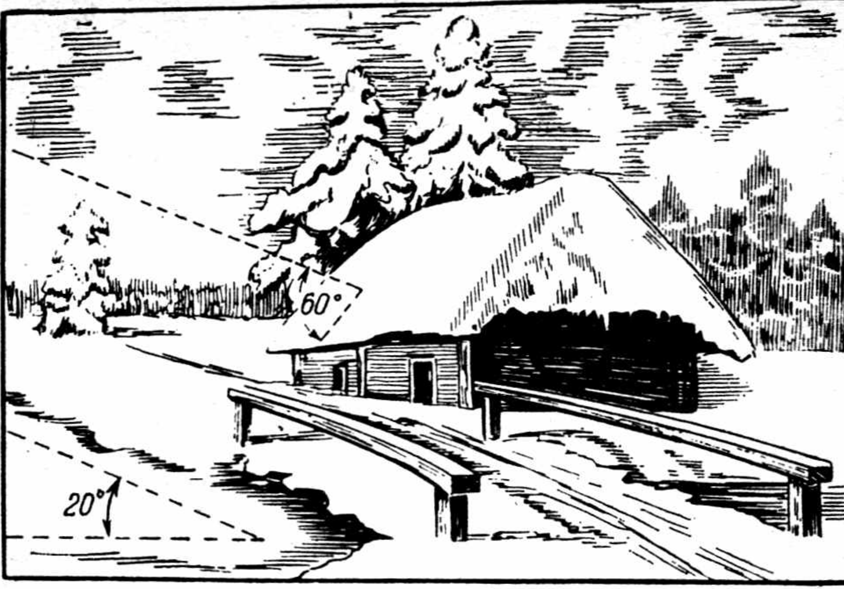
పీడనంవల్ల మంచు తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో కరగడమనేదాన్నుంచి ఇంకా అనేక విష యాలు అవగాహన అవుతాయి. విడివిడిగా ఉన్న మంచు ముక్కలను చేర్చి గట్టిగా నొక్కిన ట్టయితే ఒకే గడ్డ తయారవుతుంది. మంచు బంతులు విసురుతూ ఆడుకునే కుర్రాళ్లు యీ గుణాన్నే ఉపయోగపరుస్తారు. విడివిడిగా ఉండే మంచు తరకలు గట్టిగా నొక్కినప్పుడు కరగడంచేత, ఒకదానికొకటి అతుక్కుని మంచు బంతిలాగా తయారవుతాయి. "మంచు మనిషిని" (మంచుతో తయారుచేసే మనిషి బొమ్మను) చెయ్యడానిక్కూడా యీ సూత్రమే ఆధారం (చలి మరీ జాస్తిగా ఉన్నప్పుడు మంచు బంతులూ, మంచు మనుషులూ తయారు చెయ్యడం ఎందుకు సులభసాధ్యం కాదో వివరించ నవసరం లేదు). పేవ్‌మెంట్లమీద పడిన మంచు, అనేకమంది వాటిమీదుగా నడవడంవల్ల అట్టకట్టుకుపోతుంది.

మంచు కరిగే ఉష్ణోగ్రత 1° తగ్గాలంటే చదరపు సెంటిమీటరుకు 130 కిలోగ్రాముల పీడనం అవసరమవుతుందని సిద్ధాంతరీత్యా అంచనా కట్టారు. ఒకటి జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. పీడనంద్వారా మంచును కరిగించేటప్పుడు ఆ పీడనం మంచుపైనా అది కరగగా ఏర్పడిన నీటిపైనా ఉండాలి. పైన చెప్పిన ఉదాహరణలలో మంచుమీద మాత్రమే పీడనం ఉంటుంది, మంచు కరగగా వచ్చిన నీటిపైన మామూలు వాయు పీడనమే తప్ప అదనపు పీడనం ఉండదు. [పీడనంనుంచి విముక్తి పొందిన నీరు తిరిగి పేరుకుంటుంది. – అను.] యీ కారణంచేత పై ఉదాహరణలలో మంచును కరిగించడంలో పీడనంయొక్క ప్రభావం మరింత హెచ్చుగా ఉంటుంది.

ఈటె మంచు సమస్య

ఇళ్ల చూరుంకు వేళ్లాడే "యీటె మంచు" (icicles) ఎలా ఏర్పడుతుందని మీరెన్నడైనా ప్రశ్నవేసుకున్నారా?

మంచు యీటెలు ఎప్పుడు ఏర్పడతాయి? మంచు కరిగేటప్పుడా లేక గడ్డకట్టేటప్పుడా? మంచు కరిగేటప్పుడైతే 0° కన్న హెచ్చు ఉండే శీతోష్ణస్థితిలో మంచు యీటెలు ఎలా



చిత్రం 87. ఎండకు నేలకంటె ఏటవాలు కప్పు ఎక్కువగా వేడెక్కుతుంది.

ఘనీభవిస్తాయి? మంచు గడ్డకట్టేటంత చలిలో అయితే మంచు యీటెలు ఏర్పడడానిక వసరమైన నీరెక్కడినుంచి వస్తుంది?

చూశారా? యీ సమస్య మీరనుకున్నంత తేలిక కాదు. మంచు యీటెలు ఏర్పడాలంటే ఒకేసారి రెండు భిన్న ఉష్ణస్థితులు కావాలి: ఒకటి, మంచు కరగడానికి 'సున్నా' ఎగువగా ఉండాలి, రెండోది, మంచు యీటెలు పేరుకోవడానికి 'సున్నా' డిగ్రీలకు దిగువగా ఉండాలి.

జరిగేది కూడా అదే. ఏటవాలుగా వుండే ఇళ్ల కప్పులమీది మంచు ఎండకు 0°C కు పైగా వేడెక్కి కరుగుతుంది. ఆ నీరు చూరువెంట కారేటప్పుడు అక్కడ ఉష్ణోగ్రత 0°C కంటే తక్కువ కాబట్టి పేరుకుపోతుంది. (చూరుకింద ఉండే గదియొక్క వేడికి కరిగిన మంచులో ఏర్పడే మంచు యీటెలను గురించి ఇక్కడ ప్రస్తావించడంలేదు.)

యీ దృశ్యం ఊహించుకోండి. ఆకాశం నిర్మలంగా ఉన్నది. ఎండ కాస్తున్నది. వాతావరణ శీతోష్ణస్థితి $-1°$, $-2°C$. సూర్యకాంతి అంతటా పడుతున్నది. ఏటవాలుగా పడే సూర్య కిరణాలు నేలమీద మంచును కరిగించలేవు. [చలి దేశాలలో అందులోనూ మంచు కురిసే శీతకాలంలో సూర్యుడు పూర్తిగా దక్షిణానికి వాలి ఉంటాడు. — అను.] అయితే ఆ సూర్య కిరణాలు ఏటవాలుగా ఉండే ఇళ్ల కప్పులమీద దాదాపు సమకోణంలో పడి కప్పును వేడెక్కించి మంచును కరిగిస్తాయి. సూర్యకిరణాలకూ, అవి పడే సమతలానికీ మధ్య

కోణం ఎంత హెచ్చుగా వుంటే వాటి కాంతి, వేడి అంత హెచ్చుగా వుంటాయి. సూర్య కిరణముల ప్రభావం వాటికీ అవి పడే సమతలానికీ మధ్య ఉండే కోణంయొక్క 'సైన్'యొక్క విలువకు అనుపాతంలో ఉంటుంది. చిత్రం 87లో చూపిన పరిస్థితిలో కప్పుమీది మంచుకు నేలమీది మంచుకన్న, రెండున్నర రెట్లు హెచ్చు వేడి లభిస్తుంది. ఎందుకంటే 60° 'సైన్' విలువ (0.8660) 20° 'సైన్' విలువకు (0.3420) రెండున్నర రెట్లు. అందుచేతే ఇంటికప్పు ఎక్కువ వేడెక్కుతుంది, దానిమీది మంచు కరుగుతుంది. కరుగగా వచ్చిన నీరు చూరువెంట కారుతుంది. అయితే కప్పుకిందికి వాతావరణ శీతోష్ణస్థితి 'సున్నా' డిగ్రీలకు తక్కువ ఉండడంచేత, నీటి బిందువులు ఇగరటంతో మరింత చల్లబడి, చూరుకింద పేరుకుపోతుంది. పేరుకుపోయిన బిందువులకు కొత్త బిందువులు చేరి అవి కూడా పేరుకు పోతాయి, ఇలా జరుగుతూ పోగా చిన్న మంచు ''లోలకం'' చూరుకు వేళ్లాడుతుంది. మరి రెండు రోజులకో, పై వారానికో తిరిగి ఇదే వాతావరణం ఏర్పడుతుంది. లోలకం పెరుగుతూ వచ్చి మంచు యీటె తయారవుతుంది — భూగర్భంలోని రాతి గుహలలో ఏర్పడే కాల్షియం కార్బనేట్ యీటెల మాదిరిగా. చలిమంటలు లేని గుడిసెలు మొదలైనవాటి చూరులకు మంచు యీటెలు ఇలాగే ఏర్పడుతాయి.

సూర్యకిరణాలు పడే వాలు (కోణం)లో మార్పులు కలగడంవల్ల ఇంకా ఎన్నో పరిణామాలు జరుగుతాయి. భూమిమీద వేరువేరు శీతోష్ణమండలాలూ, ఋతువులూ ఉండడానికి ఇదే కారణం.* చలికాలంలోనూ, వేసవిలోనూ కూడా సూర్యుడు భూమికి ఇంచుమించు ఒకే దూరంలో ఉంటాడు. అలాగే భూమధ్యరేఖా, ధృవాలూ సూర్యుడికి ఒకే దూరంలో ఉంటాయి — వ్యత్యాసం ఎంత స్వల్పమంటే దాన్ని పరిగణించనవసరం లేదు. కాని భూమధ్యరేఖమీద సూర్యకిరణాలు పడే కోణం చాలా పెద్దది. ధృవాలవద్ద చాలా చిన్నది. అలాగే శీతకాలంలోకన్న వేసవిలో అవి పడే కోణం హెచ్చుగా ఉంటుంది. యీ కారణంచేత శీతోష్ణస్థితిలోనూ తద్వారా ప్రకృతిలోనూ పెద్దపెద్ద మార్పులు జరుగుతాయి.

---

*అయితే ఇతర కారణం లేకపోలేదు. మరొక ముఖ్యకారణం పగటి కాలంలో అంటే సూర్యకాంతితో భూమి వేడెక్కే కాలంలో హెచ్చు తగ్గులు కలగడం. అయితే పై రెండు కారణాలు కూడా భూమియొక్క ఇరుసు భూమి సూర్యుడి చుట్టూ తిరిగే కక్ష్యకు ఏటవాలుగా ఉండడంచేత ఏర్పడుతున్నది.

ఏడవ అధ్యాయం

కాంతి కిరణములు

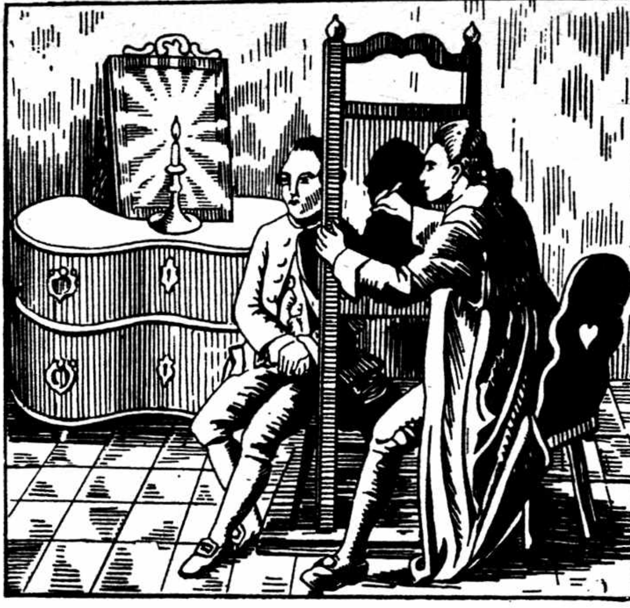
పట్టుబడిన నీడలు

మన పూర్వీకులు నీడలను పట్టుకోలేకపోయినప్పటికీ వాటివల్ల ఉపయోగం కనిపెట్టారు. వాటితో ఛాయాచిత్తరువులు తయారుచేయవచ్చు.

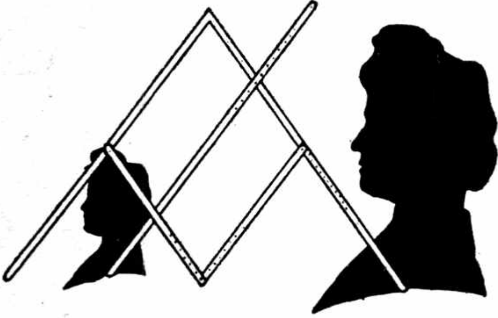
యీనాడు మనం మనవిగాని, మన మిత్రులవిగాని, బంధువులవిగాని చిత్తరువులు కావాలంటే ఫోటోగ్రాఫరువద్దకు వెడతాం. అయితే 18వ శతాబ్దిలో ఫోటోగ్రాఫరులు లేరు. చిత్రకారులు చాలా డబ్బడిగేవారు. అంత డబ్బు ధనికులు మాత్రమే ఇచ్చుకొనగలిగేవారు. అందుకే ఛాయా చిత్తరువులు అధిక ప్రచారంలో ఉండేవి; యీనాటి ఫోటోలు ఎలాగో ఆనాడవి అలాటివే. ఛాయాచిత్తరువులంటే పట్టుబడిన నీడలన్నమాట. వాటిని ఉపజ్ఞ ఏమీ లేకుండానే తయారుచేసేవారు. ఫోటోలు వాటికి విరుద్ధమైనవి; ''ఫోటోస్'' అంటే గ్రీకు భాషలో కాంతి అని అర్థము. ఫోటోగ్రాఫరులు కాంతి సహాయంతో చిత్తరువులు తయారుచేస్తే, పూర్వీకులు నీడ సహాయంతో వాటిని తయారుచేసేవారు.

చిత్రం 88లో ఛాయాచిత్తరువు తయారుచేసే విధానం కనిపిస్తుంది. చిత్తరువు కావలసిన వ్యక్తి తన నీడ పక్క వాటంగా (ప్రొఫైల్) పడేలాగ కూర్చునేవాడు. చిత్రకారుడు ఆ నీడయొక్క ఆకారాన్ని పెన్సిలుతో గీసుకొని, దానికి నల్లరంగు పూసి, కత్తిరించి, తెల్లని కాగితంమీద (లేక గుడ్డమీద) అంటించేవాడు. ఇదే ఛాయాచిత్రం. అవసరమయినప్పుడు యీ ఛాయాచిత్రమునుండి చిన్న సైజు నకలు తయారుచేయడానికి ''పంటోగ్రాఫ్'' అని ప్రత్యేక సాధనాన్ని ఉపయోగించేవారు (చిత్రం 89).

వివరాలు లేని యీ నల్లని బొమ్మలు అసలు వ్యక్తియొక్క కవళికలను ప్రదర్శించలేవని అనుకోవద్దు. మంచి ఛాయాచిత్తరువులు ఒక్కొక్కప్పుడు అసలు వ్యక్తిని ప్రత్యక్షంగా చూపగలవు.



చిత్రం 88. నీడబొమ్మలు చిత్రించే పాత కాలపు పద్ధతి.



చిత్రం 89. నీడబొమ్మను చిన్నది చేసే పద్ధతి.



చిత్రం 90. జర్మన్ కవి షిల్లర్ నీడ చిత్తరువు (1790).

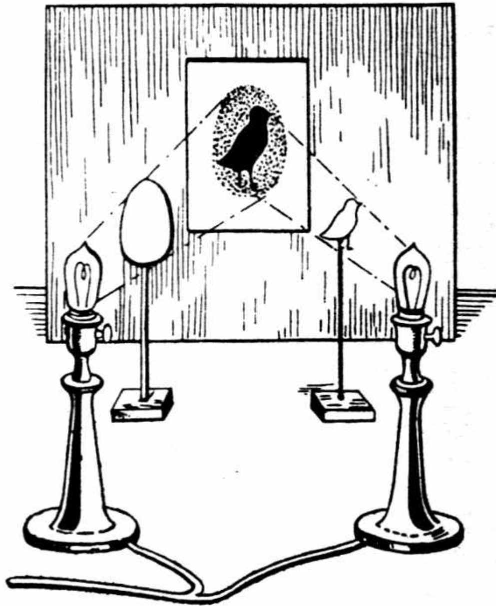
యీ విషయం కొందరు చిత్రకారుల ఆసక్తిని రేకెత్తించింది. వారు ఇలాటి చిత్తరువులు చిత్రించి ఒక కొత్త ధోరణి అమలులోకి తెచ్చారు.

యీవిధమైన చిత్తరువులను "సిలుఎట్" అంటారు. ఈ మాట పుట్టుక తమాషా అయినది. 18వ శతాబ్దిలో ఉండే ఒక ఫ్రెంచి ఆర్థిక మంత్రియొక్క పేరునుంచి వచ్చింది. ఆయన పేరు ఎతియెన్ డి సిలుఎట్. గొప్పవాళ్లు చిత్రాలమీద, చిత్తరువులమీద డబ్బు తగలేస్తున్నందుకు మందలిస్తూ ఆయన తన దేశప్రజలను పొదుపు అలవరుచుకోమని హెచ్చరించాడు. ఛాయాచిత్తరువులు చౌక కావడంచేత వాటిని హాస్యాస్పదంగా "portraits a la Silhouette" అన్నారు. అంటే సిలుఎట్‌గారి ప్రకారం చేసిన చిత్తరువులు అని అర్థం.

కోడిగుడ్డులో కోడిపిల్ల

నీడలతో ఒక చిన్న వినోదం చేయవచ్చు. ఒక అట్టలో నలుచదరపు రంధ్రం కత్తిరించి, దానిపైన "నూనె" కాగితం అంటించండి. ఆ కాగితం తెరలాగా ఉపయోగపడుతుంది. యీ తెరవెనుక రెండు విద్యుద్దీపాలు అమర్చండి. తెరముందు మీ స్నేహితులు కూర్చుంటారు.

కోడిగుడ్డు ఆకారంలో అట్టముక్క కత్తిరించి ఒక తీగమీద నిలబెట్టండి. ఎడమ పక్క వున్న బల్బు వెలిగించగానే కోడిగుడ్డు ఆకారంగల నీడ "తెర"పైన పడుతుంది. కుడి ప్రక్క ఇంకా వెలగదు. ఇప్పుడు మీరు స్నేహితులతో మీవద్ద ఒక "ఎక్సురే" యంత్రం ఉన్నదని అది కోడిగుడ్డులోని కోడిపిల్లను చూపుతుందని చెప్పండి. నిజంగా ఒక క్షణంలో కోడిగుడ్డుయొక్క సిలుఎట్ అంచులంట కాంతివంతమై దాని మధ్యలో ఎంతో స్పష్టంగా కోడిపిల్ల ఛాయ ప్రత్యక్షమవడాన్ని మీ స్నేహితులు చూస్తారు (చిత్రం 91).



చిత్రం 91. ఉత్తుత్త ఎక్సురే ఫోటో.

ఇది చాలా తేలిక. మీరు కుడిపక్క ఉన్న బల్బును వెలిగించగానే దానికీ తెరకూ మధ్య అమర్చిన కోడిపిల్ల నీడ తెరమీద

పడుతుంది. అదివరకు నల్లగా వున్న గుడ్డు నీడలో కోడిపిల్ల నీడ పడని ప్రాంతాలలో కుడిపక్కన వున్న బల్బు కాంతి పడడంవల్ల ఆ భాగంలో నలుపు తరిగి కోడిగుడ్డులో నుంచి ఎక్సుకిరణాలు ప్రసరించినట్టే భ్రమ కలుగుతుంది. మీరు బల్బులు వెలిగించడం మీ స్నేహితులు చూడలేదు కనుక, వారిలో భౌతికశాస్త్ర జ్ఞానము శరీరనిర్మాణశాస్త్ర జ్ఞానము లేని అమాయకులు నిజంగా ''ఎక్సురే'' ప్రదర్శనమే అనుకుంటారు.

వ్యంగ్య ఫోటో చిత్తరువులు

లెన్సుకు బదులు చిన్న రంధ్రాన్ని ఉపయోగించి కెమేరా తయారుచేయవచ్చని మీలో చాలామందికి తెలియక పోవచ్చు. ఇలాటి కెమేరాతో తీసే ఫోటోలు అంత స్పష్టంగా ఉండని మాట నిజమే. లెన్సు లేని యీ కెమేరాకు రంధ్రానికి బదులుగా ''చీలికలు'' ఉపయోగించ వచ్చు. ఇలాటి కెమేరాలో రెండు చీలికలు ఒకటి నిలువుగానూ, రెండవది అడ్డంగానూ ఉంటాయి. రెండు చీలికలు వేరువేరు పలకలలో వుండి వాటిని దగ్గిర చేర్చడానికి, ఎడం చేయడానికి వీలుంటుంది. రెండు చీలికలు ఒకదానికొకటి చేర్చి వున్నప్పుడు బొమ్మ రంధ్రంగల కెమేరాతో తీసినట్టే వికృతం కాకుండా వస్తుంది. కాని చీలికలను ఎడం చేసినప్పుడు బొమ్మ వికృతంగా తయారవుతుంది (చిత్రాలు 92, 93). ఫోటో చిత్తరువు ''వ్యంగ్యంగా'' తయారవుతుంది.



చిత్రం 92. ''చీలిక'' కెమేరాతో వ్యంగ్య చిత్రం. బొమ్మ అడ్డంగా సాగదీయబడింది.



చిత్రం 93. అదే బొమ్మ నిలువుగా సాగదీయబడింది.

ఇలా జరగడానికేమిటి కారణం?

అడ్డచీలిక వెనక నిలువు చీలిక ఉంచితే ఏం జరుగుతుందో చూద్దాం. చిత్రం 94 *D*లో ఉన్న బొమ్మ ఒక "క్రాసు" ఆకారం. దానిలోని నిలువు గీతనుంచి బయలుదేరే కిరణాలు *C* అనే చీలికగుండా వెళ్లేటప్పుడు మామూలు రంధ్రంనుంచి వెళ్ళినట్టే వెడతాయి. అవి *B* అనే చీలికగుండా వెళ్లేటప్పుడు వాటికి ఎలాటి అవరోధమూ వుండదు. కనుక *A* అనే "గ్రౌండ్ గ్లాస్" పలకంమీద నిలువు గీతయొక్క ప్రతిబింబం *AC*ల మధ్య ఉండే దూరానికి అనుగుణమయిన ప్రమాణంలో పడుతుంది.

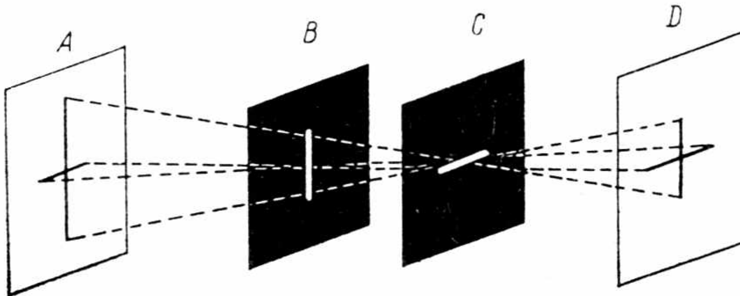
కాని *D*యొక్క అడ్డ గీతయొక్క ప్రతిబింబం ఇలా వుండదు. దానినుంచి వెలువడే కిరణాలు *C* గుండా నిరవరోధంగా పోతాయి. కాని అవి *B* వద్ద మడతబడి *B* గుండా రంధ్రంనుంచి వెళ్లినట్టు పోతాయి. పలకంమీద పడే అడ్డగీతయొక్క ప్రతిబింబం *AB*ల మధ్య ఉండే దూరానికి మాత్రమే అనుగుణమైన ప్రమాణంలో వుంటుంది.

సంగ్రహంగా చెప్పాలంటే నిలువు గీతలన్నిటికీ *C* అనే చీలిక మాత్రమే ఉన్నట్టు, అడ్డగీతలకి *B* అనే చీలిక మాత్రమే ఉన్నట్టు ప్రవర్తిస్తాయి కాంతి కిరణాలు. అయితే *A* అనే ఫలకానికి *C* హెచ్చు దూరంలో వుండడంచేత అడ్డగీతలకన్న నిలువు గీతలు చాలా పెద్దవిగా ఫలకంమీద పడతాయి. అంటే ప్రతిబింబం నిలువుగా సాగదీసి వుంటుంది.

చీలికలను వ్యత్యస్తం చేసినట్టయితే ప్రతిబింబం అడ్డంగా సాగుతుంది. (చిత్రాలు 92, 93 పోల్చి చూడండి.)

చీలికలను ఏటవాలుగా ఉంచితే వికృతి మరొక కొత్త విధంగా వుంటుంది.

ఇలాటి కెమేరాను వ్యంగ్య చిత్తరువులు తయారుచేయడానికి మాత్రమే గాక మంచి ప్రయోజనాలకు కూడా ఉపయోగించవచ్చు. కట్టడాల అలంకరణలు, తివాసీలలోనూ గోడకు అంటించే కాగితాలమీద ఉండే డిజైనులు వివిధ అలంకార వివరాలు కుదించడానికిగాని సాగదీయడానికిగాని యీ కెమేరా ఉపయోగపడుతుంది.



చిత్రం 94. "చీలిక" కెమేరాలో బొమ్మలు వక్రించడానికి కారణం.

సూర్యోదయం సమస్య

తెల్లవారు ఝామున సరిగా అయిదు గంటలకు లేచి మీరు సూర్యుడు ఉదయించడం చూస్తారనుకుందాం. కాంతి ప్రయాణించడానికి కొంత వ్యవధి అవసరం. గనుక సూర్యుడి కిరణాలు మీ కళ్ళ పడడానికి కొంత కాలం పట్టుతుంది. ఇప్పుడు నా ప్రశ్న ఏమంటే కాంతి తక్షణమే (వ్యవధి లేకుండా) ప్రసరించినట్టయితే సూర్యుడు వుదయించడం మీకెప్పుడు కనిపిస్తుంది?

సూర్యుడునుంచి కాంతి వచ్చి, చేరడానికి 8 నిమిషాలు పడుతుంది. కనుక కాంతి తక్షణమే ప్రసారం కాగలిగితే సూర్యుడు ఉదయించటం మనకు 8 నిమిషాలు ముందుగా — 4:52 కే — కనబడుతుందనుకోగలరు. అలా అనుకునే పక్షంలో అంతకన్న పొరబాటు వుండదు. ఎంచేతంటే అసలు "సూర్యుడు ఉదయించడం" అనే చర్య దేనివల్ల జరుగుతుందంటే సూర్యకిరణములవల్ల ముందుగానే కాంతివంతము చేయబడిన ప్రదేశములోకి భూమి తన ఉపరితలపు కొత్త భాగాలను తిప్పడంవల్ల. [అందుచేత సూర్యోదయం 8 నిమిషాల అనంతరం మనకు కనిపిస్తుందన్న సమస్య లేదు. రాత్రివేళ ఒక నక్షత్రం ఉదయిస్తే అది నూరు కాంతి సంవత్సరాల దూరాన ఉన్నది కనక, నూరు సంవత్సరాల క్రితమే ఉదయించిందని అనం. — అను.] కనుక కాంతికి తక్షణ ప్రసారం ఉన్నదనుకున్నప్పటికీ మనకు సూర్యోదయం సరిగా 5 గంటలకే కనుపిస్తుంది.*

సూర్యబింబంపైన జ్వాలలు లేవడం మనం టెలిస్కోపులో చూసినప్పుడు మాత్రం అవి లేచిన 8 నిమిషాల అనంతరం కనిపిస్తాయి. కాంతికి తక్షణ ప్రసారం వున్నట్టయితే 8 నిమిషాలు ముందుగా వాటిని చూడగలుగుతాం.

---

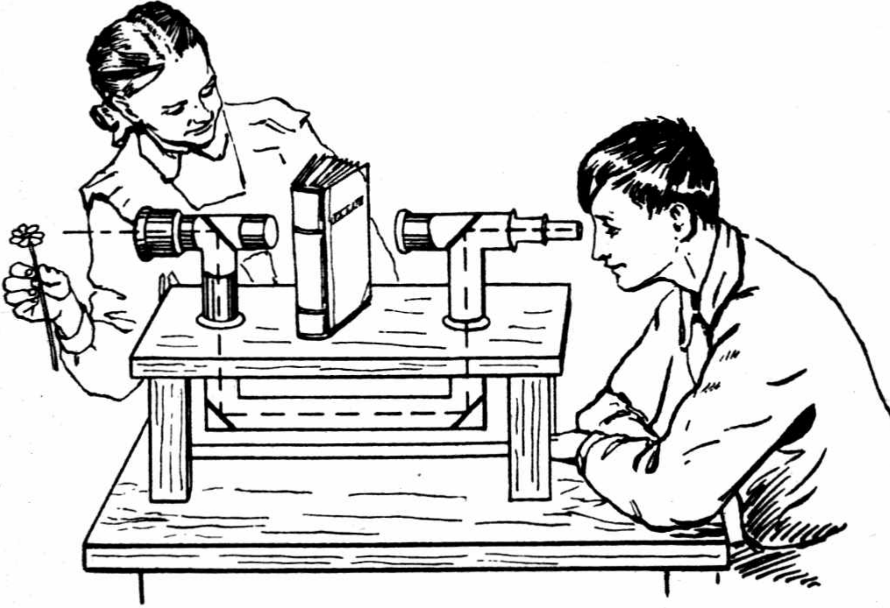
*"వాతావరణ వక్రీభవనం" అనేదాన్ని కూడా పరిగణించే పక్షంలో ఇంకో వింత బయటపడుతుంది. సూర్యకిరణాలు వాతావరణంలో ప్రవేశించి వాటి మార్గం వక్రించటంవల్ల సూర్యుడింకా దిఙ్మండలం పైకి రాక మునుపే మనకు కనిపిస్తాడు. కాని కాంతికి తక్షణ ప్రసారం ఉన్నట్టయితే "వక్రీభవనం" అన్నది ఉండదు. ఎందుకంటే వక్రీభవనం అన్నది కాంతి వేగంలో కలిగే మార్పుచేతనే ఏర్పడుతున్నది. తక్షణ ప్రసారంలో వేగం సమస్య వుండదు కనుక, "వక్రీభవనమూ" ఉండదు. అందుచేత సూర్యుడు దిఙ్మండలం పైకి వచ్చినపుడే — అంటే ఇప్పుడు కనిపించేకన్న కొంచెం ఆలస్యంగా — కనిపిస్తాడు. యీ ఆలస్యం కొద్ది నిమిషాలుండవచ్చు. ధ్రువ ప్రాంతాలలో కొద్ది రోజులు కూడా వుండవచ్చు. అది అక్షరేఖలనుబట్టి శీతోష్ణస్థితినిబట్టి మరికొన్ని యితర అంశాలనుబట్టి మారుతుంది. తమాషా అయిన వ్యతిరేకత! కాంతికి తక్షణ ప్రసారంలేనప్పుడుకంటె తక్షణ ప్రసారం ఉన్నప్పుడు (అంటే అనంతమైన వేగంతో ప్రసరిస్తున్నప్పుడు) సూర్యోదయం మనకి ఆలస్యంగా కనిపిస్తుంది.

ఎనిమిదవ అధ్యాయం

పరావర్తనం, వక్రీభవనం

గోడల గుండా చూడడం

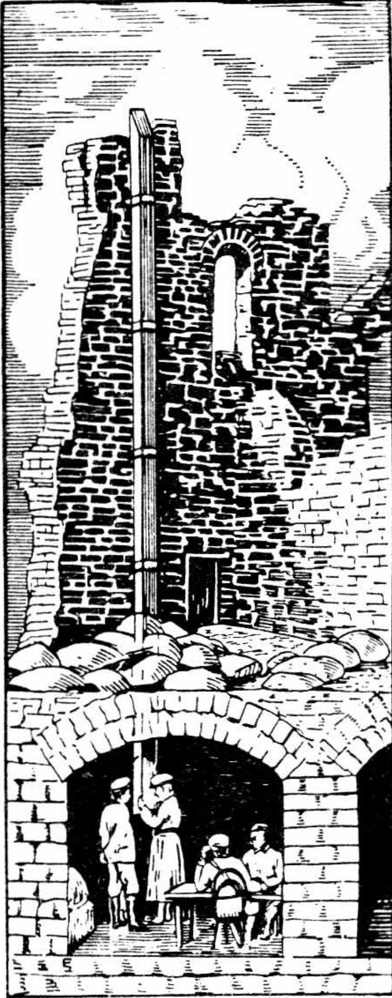
1890లలో "ఎక్సురే యంత్రం" అనే గొప్ప పేరుతో ఒక చిత్రమయిన వస్తువు అమ్ముడయేది. ఆ రోజులలో బడిలో చదువుకుంటున్న నేను మొదటి సారి యీ యుక్తివంత మయిన సాధనాన్ని చూసినప్పుడెంత విభ్రమ పడ్డానో చెప్పలేను. దానితో చూస్తే కాంతిని నిరోధించే అట్టలగుండాను, నిజమైన ఎక్సుకిరణాలు సహితం చొరలేని కత్తులగుండాను వస్తువులు కనిపించాయి. ఇలాటి సాధనంలోని రహస్యాన్ని చిత్రం 95 బట్టబయలు చేస్తుంది. ఇందులో నాలుగు చిన్న అద్దాలు 45 డిగ్రీల వాలులో అమర్చి వుండి వస్తువును ఒకదాని



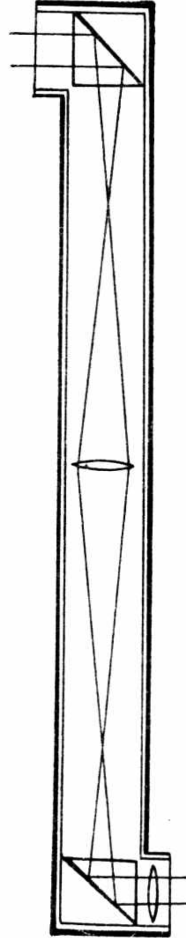
చిత్రం 95. ఉత్తుత్త ఎక్సురే సాధనం.

తరువాత ఒకటి ప్రతిఫలించగా వస్తువుయొక్క బింబం కాంతి నిరోధక వస్తువుని చుట్టూ తిరిగి కంటిని చేరుకుంటుంది.

శత్రువుల తుపాకులకు గురికాకుండా అదృశ్యంగా వుంటూ శత్రువుల చర్యలను గమనించడానికి ఇలాటి సాధనాన్ని — పెరిస్కోపును (చిత్రం 96) — మిలిటరీవాళ్లు వుపయోగిస్తారు. పెరిస్కోపులో ప్రవేశించిన తరువాత కాంతి కిరణాలు పయనించే మార్గం ఎంత దీర్ఘమైతే దృష్టిక్షేత్రం అంత పరిమితంగా వుంటుంది. దీన్ని విస్తృతం చెయ్యటానికి ప్రత్యేకమయిన లెన్సులు వుపయోగిస్తారు. అయితే యీ లెన్సులు పెరిస్కోపులో ప్రవేశించే కాంతిలో కొంత భాగాన్ని హరిస్తాయి. అందుచేత దృశ్యం స్పష్టంగా వుండదు. దీనివల్ల పెరిస్కోపుల ఎత్తు



చిత్రం 96. పెరిస్కోపు.



చిత్రం 97. జలాంతర్గామిలోని పెరిస్కోపు పటం.

పరిమితింపబడుతుంది. 20 మీటర్ల ఎత్తంటే అది హద్దుకి దగ్గర అన్నమాట. పెరిస్కోపు ఎత్తు అంతకంటె ఎక్కువ అయితే దృష్టిక్షేత్రం అతి చిన్నదై మసక హెచ్చుతుంది. ఆకాశం మబ్బుగా ఉంటే దృశ్యం మరింత మసకగా వుంటుంది.

జలాంతర్గాముల కేప్టెనులు కూడా తాము "కొట్టబోయే" నౌకలను పెరిస్కోపు సహాయంతో గమనిస్తారు. సైనికులు వుపయోగించే పెరిస్కోపులకన్న యీ పెరిస్కోపు క్లిష్టమయిన నిర్మాణం కలదయినప్పటికీ అదే సూత్రంమీద పని చేస్తుంది: నీటి ఉపరితలం పైకొచ్చి ఉన్న భాగంలో అమర్చబడిన అద్దాల (లేక ప్రిజముల)మీద కిరణాలు పరావర్తించి గొట్టంగుండా ప్రసరించి పరికరపు కింది భాగంలో పరావర్తనం పొంది ప్రేక్షకుని కంటిని చేరుకుంటాయి.

మాట్లాడే తలకాయ

"మొండెంనుంచి వేరుచేసినా మాట్లాడగలిగే తల" అనే అద్భుతం మీరు చూశారా? తెలియనివాడు యీ "అద్భుతం" చూసి భ్రాన్తపడిపోతాడు. చిన్న బల్లమీద పళ్లెంలో మనిషి తల మాత్రమే ఉండి, కోసి తెచ్చిపెట్టినట్టు కనిపించే ఆ తల కళ్లు తిప్పుతూ మాట్లాడుతూ తింటూ వుంటే నిజానికి ఆశ్చర్యంగానే వుంటుంది. దాన్ని వుంచిన బల్లను మనం సమీపించలేకపోయినప్పటికీ తల దిగువన మొండెం లేనట్టు స్పష్టంగా కనిపిస్తూనే వుంటుంది.

మీరెప్పుడయినా యీ వినోదం చూడటం తటస్థపడితే బల్లకిందికి కాగితం ఉండ విసరండి. అది బల్లకిందికి పోక వెనక్కు వచ్చి పడుతుంది. రహస్యం కాస్తా బట్టబయలవుతుంది — కాగితం వుండ అద్దానికి తగిలి వెనక్కు వచ్చేస్తుంది. ఒకవేళ కాగితం వుండ బల్లదాకా వెళ్లకపోయినా దాని ప్రతిబింబం మూలంగా అద్దం ఉన్న సంగతి బయటపడుతుంది (చిత్రం 98).



చిత్రం 98. మొండెంలేని తలయొక్క రహస్యం.

10 Зак. 17269

బల్లకింద ఏమీ లేదన్న భ్రమ కలిగించడానికి బల్ల కాళ్ల మధ్య ఒక అద్దం అమర్చితే చాలు — అయితే గదిలో వుండే వస్తువులను, ప్రేక్షకులను అది (ప్రేక్షకులకు కనిపించేలాగ) ప్రతిఫలించకూడదు అంతే. అందుకే యీ "వింత" ఉండే గదిలో ఏ సామానూ ఉండరాదు. గోడలన్నీ ఒకే విధంగా వుండాలి. నేల కూడా అంతా ఒకే రంగుగా వుండాలి. దానిపైన అలంకరణలుండరాదు. ప్రేక్షకులను తగినంత దూరంలో వుంచాలి.

చూశారా ఇందులో ఏమీ వింత లేదు. కాని కిటుకు అర్థమయేదాకా నోళ్లు తెరుచుకుని చూస్తాము.

ఈ ట్రిక్కునే ఇంకా గమ్మత్తుగా చేస్తారు. మొట్టమొదట ఇంద్రజాలికుడు ఒక మామూలు బల్ల చూపిస్తాడు. దానిమీద గాని కింద గాని ఏమీ ఉండదు. తరవాత ఒక మూసి ఉన్న పెట్టె తెచ్చి బల్లమీద పెడతాడు. అందులో "ప్రాణం గల" తల ఉందనుకోవాలన్నమాట. కాని నిజానికది ఖాళీ పెట్టె. ఇంద్రజాలికుడు ఆ పెట్టె ముందుకప్పు పైకెత్తేస్తాడు. ఇంకేముంది! మాట్లాడే తల కనిపిస్తుంది. మీరు గ్రహించే ఉంటారు. బల్ల పైభాగంలో తెరవడానికి వీలైన చెక్కతలుపు ఉంటుంది. అద్దం వెనక బల్లకింద కూర్చున్న మనిషి అడుగులేని పెట్టెను బల్లమీద పెట్టగానే ఆ తలుపు తెరచి కన్నంలోనుంచి తలపైకెత్తుతాడు. ఈ ట్రిక్కును ఇంకా అనేక విధాల చేయవచ్చు. వాటిని ఇక్కడ మనం చర్చించం. వాటిని చూసినపుడు మీరే గ్రహిస్తారు అందులోని రహస్యం.

ముందా వెనకా?

మనం అనేక గృహోపకరణాలను సరిగా ఉపయోగించం. చల్లార్చే వస్తువులను మంచుగడ్డ కింద ఉంచడానికి బదులు మీద ఉంచి వస్తువులను చల్లార్చడానికి మంచుగడ్డను సరిగా ఉపయోగించలేకపోవడం మీకు తెలిసినదే. కొంతమందికి మామూలు అద్దాలనెలా ఉపయోగించాలో కూడా తెలియదు. తరచు అద్దం ముందు నిలబడేవారు తమ ప్రతిబింబం బాగా చూసుకోవాలని దీపాన్ని కాంతి తమపైన పడేలాగ ఉంచే బదులు తమ వెనక (తమ ప్రతిబింబం కాంతివంతమవాలని) ఉంచుతారు. చాలామంది స్త్రీలు ఈవిధంగా చేస్తారు గనక, ఈ పుస్తకాన్ని చదివే యువతులు అద్దం ఉపయోగించేటప్పుడు దీపం తమకు ఎదురుగా ఉంచేటట్లు చూసుకుంటారని ఆశిస్తాను.

అద్దం కనపడుతుందా?

మామూలు అద్దాలను గురించి కూడా మనకు పూర్తిగా తెలియదనడానికి ఇదొక నిదర్శనం. ఎందుకంటే అందరూ రోజూ అద్దాలను ఉపయోగించేవారే అయినా పై ప్రశ్నకు చాలామంది తప్పుగా సమాధానం చెబుతారు.

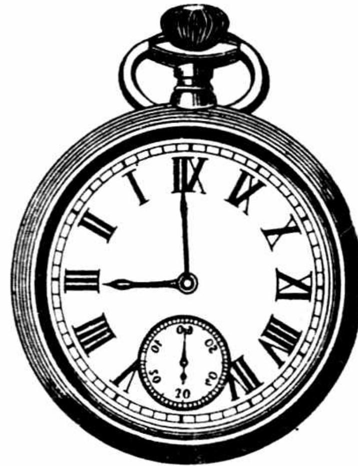
అద్దం కనపడుతుంది అనుకునేవారు పొరబడుతున్నారు. స్వచ్ఛమైన మంచి అద్దం కనపడదు. దాని చట్రం కనిపిస్తుంది. అంచులు కనిపిస్తాయి. దానిలో ప్రతిఫలించే వస్తువు లన్నీ కనిపిస్తాయి. కాని దానిమీద మకిల ఉంటే తప్ప అద్దం మట్టుకు కనబడదు. ''వికీరణ'' శక్తిగల — అంటే కాంతిని అన్ని దిక్కులకూ చెదరగొట్టే స్వభావంగల — ఉపరితలాలు కనిపిస్తాయి; ''ప్రతిఫలించేవి'' కనిపించవు. ప్రతిఫలించే ఉపరితలం అనుభవంలో నున్నగా ఉంటుంది. చెదరగొట్టేది గరుకుగా ఉంటుంది.

అద్దాలు కనబడవు గనకనే, వాటితో కళ్లకు భ్రమ కలిగించే ట్రిక్కులు — ఉదాహరణకు ''మాట్లాడే తల'' లాటివి — సాధ్యమవుతున్నాయి. అద్దాలు మనకి కనబడవు. మనం చూసేది అద్దం ప్రతిఫలించే వస్తువులను మాత్రమే.

ప్రతిబింబాలు

మనం అద్దంలో చూసుకున్నప్పుడు అందులో ప్రతిబింబం మనకి కచ్చితమైన ప్రతి రూపమని ప్రతి సూక్ష్మ వివరణా ఉన్నది ఉన్నట్టుగా కనిపిస్తుందని చాలామంది అనుకుంటారు.

ఇందులో ఎంత నిజమున్నదీ చూద్దాం. మీ కుడి చంప మీద పుట్టుమచ్చ ఉన్న దనుకోండి. అద్దంలో కనిపించేవాడి ఎడమ చంపమీద పుట్టుమచ్చ కనిపిస్తుంది. మీరు జుట్టును కుడి పక్కకు దువ్వుకుంటే అద్దంలో వాడు ఎడమ పక్కకు దువ్వుకుంటాడు. మీ కుడి కనుబొమ ఎడమ కనుబొమకంటె కొంచెం ఎత్తుగానూ, ఒత్తుగానూ ఉండవచ్చు. అద్దంలో వాడి కుడి కనుబొమ ఎడమ కనుబొమకంటె దిగువగాను, పలచగాను ఉంటుంది. మీరు కుడి జేబులో గడియారమూ, ఎడమ జేబులో పర్సూ ఉంచుకుంటే అద్దంలో వాడు వీటిని తారుమారుగా ఉంచుకుంటాడు. వాడి గడియారపు డయలు చూడండి,



చిత్రం 99. అద్దంలో దీన్ని చూడాలి.

మీ గడియారం అలా లేనే లేదు. ఆ గడియారంలోని అంకెల వ్రాత, క్రమమూ అసాధారణంగా వున్నాయి. పన్నెండు ఉండవలసిన చోట ఎనిమిదిలాటి అంకె — ఉంటుంది. ఎనిమిదిని అలా ఎవరూ ఎన్నడూ వ్రాయరు — IIX. పన్నెండు అంకె అసలు కనిపించనే కనిపించదు. ఆరు పక్క ఐదు అనిపిస్తుంది. దాని తరువాత 4, 3 వగైరా కనిపిస్తాయి. గడియారం ముళ్ళు కూడా అట్నించిటు నడుస్తాయి.

అన్నిటినీ మించి అద్దంలో వాడు "పుర చేతి" వాడు. ఈ గుణం మీలో లేకపోవచ్చు. వాడు ఎడమ చేతితో రాస్తాడు, కుట్టుపని చేస్తాడు, భోజనం చేస్తాడు. వాడితో కరచాలనం చేద్దామని మీరు కుడి చెయ్యి చాస్తే వాడు ఎడమ చెయ్యి చాస్తాడు.

వాడికి వ్రాత చేతనవుననుకోవచ్చునా? వ్రాస్తే వ్రాస్తాడేమో కాని ఎడమ చేతితో వాడు కెలికే "బ్రహ్మరాత" ఒక్క పిసరయినా మీకు అర్థమవుతుందనుకోను. వాడు చేతిలో పట్టుకున్న పుస్తకం కూడా మీరు చదవలేరు. "అచ్చు" మీలాటి వాడే ననుకునే అద్దంలో వాడి వైఖరి ఇలా వున్నది. వాడ్నిబట్టి మీ బాహ్యాకారాన్ని నిర్ణయించాలని మీరు చూస్తారు.

హాస్యం అటుంచి అద్దంలో మిమ్మల్ని మీరు చూసుకుంటున్నారని మీరు నమ్ముతున్నట్టయితే అది పొరపాటు. చాలామంది మనుషుల ముఖాలు శరీరాలు దుస్తులూ, ఉభయ పార్శ్వాలూసమంగా ఉండవు. అయితే ఈ సంగతి మనం సాధారణంగా గమనించం. కుడి ఎడమ పార్శ్వాలకు కొద్ది వ్యత్యాసం ఉంటుంది. అద్దంలో కుడి పార్శ్వపు లక్షణాలన్నీ ఎడమ పక్కకు ఎడమవి కుడికి మారుతాయి. అందుచేత మిమ్మల్ని చూసినదానికీ, అద్దంలో మీ ప్రతిబింబాన్ని చూసినదానికీ, తరచుగా చాలా తేడా ఉంటుంది.

ప్రతిబింబ లేఖనం

మీకూ మీ ప్రతిబింబానికీ ఉండే తేడా మరింత స్పష్టం చెయ్యడానికి ఈ క్రింది ప్రయోగం ఉపయోగపడుతుంది.

నిలువుటద్దంగల బల్లవద్ద కూర్చొండి. ఒక కాగితం తీసుకుని అద్దంలో మీ చేతిని చూస్తూ ఏదైనా గీయడానికి ప్రయత్నించండి, ఉదాహరణకు కర్ణములతో నున్న ఒక చతురస్రం.

ఈ చిన్న పని ఎంతో దుస్సాధ్యంగా పరిణమిస్తుంది. మనం పెరిగే కొద్దీ కళ్ళతో చూసేదానికీ ఆంగిక అనుభవాలకీ ఒక ప్రత్యేకమైన సమన్వయం ఏర్పడుతుంది. మన చేతియొక్క కదలిక అద్దంలో వ్యత్యస్తం కావడంచేత ఈ సమన్వయానికి భంగం కలుగుతుంది.

ప్రతి చిన్న కదలికా అనుభవ విరుద్ధంగా వుంటుంది. మనం కుడివైపుకు గీత గీయాలను కుంటే చెయ్యి ఎడమ పక్కకు పోతుంది.

ఇంకా కష్టమైన చిత్రాలు వ్రాయటానికిగాని ఏదన్నా వాక్యం వ్రాయటానికిగాని యత్నించినట్టయితే ఫలితం మరింత గందరగోళంగా ఉంటుంది.

అద్దుడు కాగితంమీద పడే ముద్రలు కూడా అద్దంలో ప్రతిబింబాల లాటివే. అద్దుడు కాగితంమీద పడే లిపి మన దస్తూరీయొక్క ప్రతిబింబంలాగ ఉంటుంది. కాని దాన్ని చదవాలని



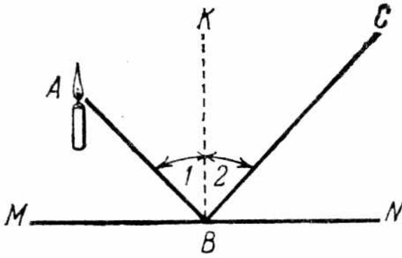
చిత్రం 100. అద్దానికెదురుగా కూర్చుని చిత్రించుట.

యత్నిస్తే అక్షరాలు స్పష్టంగా ఉన్నా ఒక్క ముక్క చదవలేం సరికదా ఆ రాత మరొక పక్కకు వొరిగి ఉంటుంది. రేఖలు వ్యత్యస్తంగా ఉంటాయి. కాని ఈ అయోమయాన్ని అద్దంలో ప్రతిబింబించగానే అంతా సులభ గ్రాహ్యమవుతుంది. మన దస్తూరీని మనం పోల్చుగోగలుగుతాం. సౌష్ఠవ ప్రతిఫలనమైన మన వ్రాతయొక్క ప్రతిబింబం తాలూకు సౌష్ఠవ ప్రతిబింబం అద్దంలో మనకు కనిపిస్తుంది.

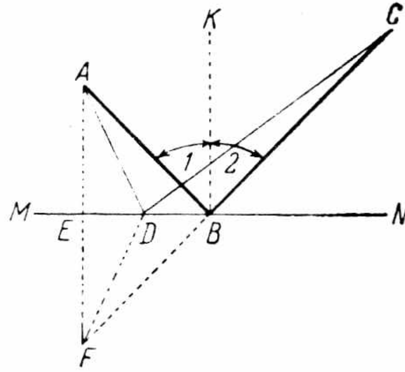
హ్రస్వతమ, శీఘ్రతమ మార్గం

కాంతి ప్రసారమయ్యే యానకం సజాతీయ (homogeneous) మైనట్టయితే కాంతి కిరణాలు సమరేఖలలో ప్రసారమవుతాయి, అంటే అత్యంత శీఘ్రమైన మార్గంలో నన్నమాట. కాంతి ఒక బిందువునుంచి ఇంకొక బిందువువద్దకు తిన్నని మార్గంలో ప్రసరించక మధ్యలో అద్దంమీద ప్రతిఫలించినప్పుడు కూడా శీఘ్రతమ మార్గాన్నే పోతుంది.

దాని మార్గాన్ని గమనిద్దాం. చిత్రం 101లో A అన్నది కాంతిమూలం (మైనం వత్తి). MN అనేది అద్దం. C వద్ద కన్ను ఉన్నది. ABC అన్నది మైనం వత్తినుంచి కంటి వద్దకు కాంతి (అద్దంమీద ప్రతిఫలించి) చేరుకునే మార్గం. KB అన్న నిలువు గీత MN కు లంబంగా (90 డిగ్రీలలో) ఉన్నది.



చిత్రం 101. పరావర్తన కోణం 2, పతన కోణానికి 1 సమానం.



చిత్రం 102. పరావర్తనం పొందే కాంతి కనీసదూర మార్గం అనుసరిస్తుంది.

చాక్షుషశాస్త్ర సిద్ధాంతం ప్రకారం పరావర్తన కోణం 2 పతన కోణం 1కి సమంగా ఉండాలి. ఈ విషయం తెలిసాక A నుంచి MN అద్దానికి తగిలి C కి చేరుకునే మార్గాలన్నిటిలో ABC శీఘ్రతమమైనదని సులువుగా నిరూపించగలుగుతాం. ఈ సంగతి నిరూపించడానికి ABC ని ADC అనే మరొక మార్గంతో పోల్చిచూద్దాం (చిత్రం 102). A నుంచి MN కు లంబరేఖ గీసి పొడిగించినట్టయితే ఆ లంబరేఖ పొడిగించిన BC ని F వద్ద కలుసుకుంటుంది. ఇప్పుడు F నుంచి D కి గీతగీయండి. ABE, EBF త్రిభుజాలు రెండు సమంగా

ఉన్నాయేమో చూద్దాం. రెండు సమకోణ త్రిభుజాలే. EB అనే భుజం రెంటిలోనూ సమ కోణానికి ఆసన్నంగా ఉన్నది. అదీగాక EFB, EAB కోణాలు క్రమంగా కోణం 2 కోణం 1కి సమమైనవి గనక, ఒకదానికొకటి సమానం. కనుక AE కూడా EF కు సమానమైనది. అందుచేత సమకోణ త్రిభుజాలయిన AED, EDF లు సమానమైనవి. వాటి సమకోణాలకు ఆసన్నంగా ఉండే భుజాలు సమానమే గనక అంటే AD, DF కు సమానమన్నమాట.

ఇప్పుడు మనం ABC మార్గానికి బదులుగా CBF మార్గాన్ని పరిగణించవచ్చు. అలాగే ADC కి బదులు CDF ను తీసుకోవచ్చు. అయితే CBF సమరేఖ, CDF కాదు; అందుచేత CBF మార్గం CDF మార్గంకన్న చిన్నది. అంటే ABC మార్గం ADC కన్న చిన్నది. ఈ విషయమే రుజువుచేద్దాం అనుకున్నది.

D అనే పాయింటు (MN మీద) ఎక్కడన్నా తీసుకోండి. ADC కన్న ABC హ్రస్వంగా ఉంటుంది. పతన కోణమూ, పరావర్తన కోణమూ సమంగా ఉంటాయన్నది నిజం కావాలి; అంతే కాంతి ఒక మూలనుంచి బయలుదేరి అద్దంమీద ప్రతిఫలించి కంటిని చేరడానికి హ్రస్వతమమూ, శీఘ్రతమమూ అయిన దారిని పట్టుకునే మాట నిజమే. రెండవ శతాబ్దిలో అలెగ్జాండ్రియాలో నివసించిన హీరో అనే గ్రీకు గణితవేత్త మొట్టమొదట సూచించాడు ఈ విషయాన్ని.

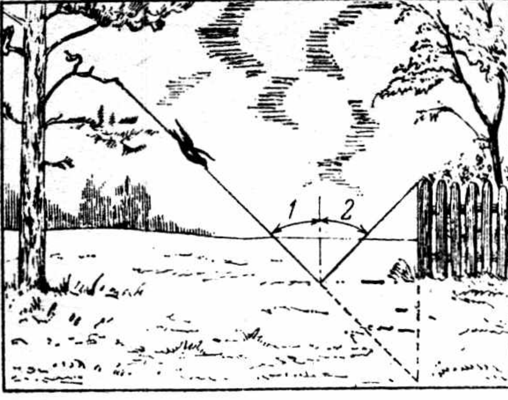
కాకి మార్గం

ఇంతకు ముందు మనం హ్రస్వతమమయిన కాంతి మార్గం గురించి ఆలోచించాము.. ఆ మార్గం కనిపెట్టే విధానం తెలుసుకున్న తరువాత కొన్ని చిక్కు ప్రశ్నలను సులువుగా తేల్చగలుగుతాం. యీ దిగువనున్న చిక్కు ప్రశ్న చూడండి.

ఒక చెట్టు కొమ్మమీద కాకి కూర్చున్నది. నేలమీద ధాన్యపు గింజలు చల్లి వున్నాయి. కాకి కిందికి వాలి ధాన్యపు గింజలు నోటకరుచుకుని లేచి ఎగిరి కంచెమీద నిలబడుతుంది. అది ఎక్కడ వున్న గింజలు తీసుకుంటే దాని



చిత్రం 103. కాకి సమస్య. కాకి నేలపై వాలి, కంచె పైకి ఎగరడానికి అతి దగ్గర మార్గం కనుక్కోండి.



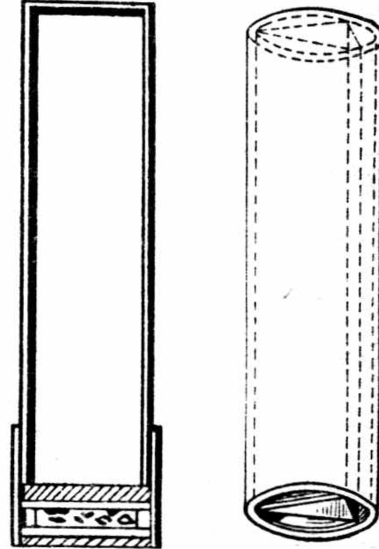
చిత్రం 104. కాకి సమస్యకు సమాధానం.

మార్గము హ్రస్వతమంగా ఉంటుందన్నది ప్రశ్న (చిత్రం 103).

ఇది మనం ఇంతకు ముందు చర్చించిన సమస్య వంటిదే. కాంతి వెళ్లే మార్గాన్ని కాకి కూడా అనుసరించాలి. అంటే కోణం 1, కోణం 2 సమంగా ఉండే మార్గంలో అది ఎగరాలి (చిత్రం 104). అదే హ్రస్వతమ మార్గమని మనకు తెలును.

కెలిడోస్కోపు (సౌష్ఠవచిత్ర దర్శకము)

మీరందరూ కెలిడోస్కోపును (సౌష్ఠవచిత్ర దర్శకాన్ని) చూసే వుంటారు. ఇది చాలా వినోదకరమయిన ఆటవస్తువు. ఇందులో కొన్ని రంగురంగుల గాజుముక్కలు వుంటాయి. అవి మూడు అద్దపు పలకల మధ్య వుంటాయి. కెలిడోస్కోపును కొంచెం తిప్పితే చాలు, అందమయిన రచనలు "సౌష్ఠవం"గా మారుతుంటాయి. కావడానికిది సాధారణమయిన ఆటవస్తువేగాని, దీనితో వివిధ రకాల చిత్రాలను లెక్కలేనన్ని చూడవచ్చునని చాలామంది వూహించలేరు. యీ కెలిడోస్కోపులో 20 రంగుల గాజుముక్కలు వున్నాయనీ, ప్రతి సారి కొత్త రచన రావడానికి నిమిషానికి 10 సార్లు తిప్పుతున్నారనీ అనుకుందాం. యీ గాజు ముక్కలతో ఏర్పడగల రచనలన్నీ చూడటానికి ఎంతకాలం పడుతుందనుకుంటారు?



చిత్రం 105. సౌష్ఠవచిత్ర దర్శకము.

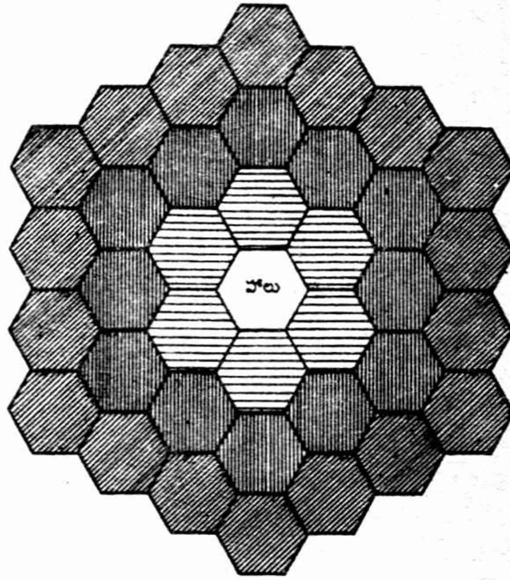
దీనికి సమాధానం మీరు కలలో కూడా ఊహించలేరు. అన్నిటినీ చూసే లోపుగా సముద్రాలింకి పోతాయి. కొండలు అరిగిపోతాయి. అందులో ఏర్పడే ప్రతి రచననూ చూడటానికి 50 వేలకోట్ల సంవత్సరాలు పడుతుంది.

యీ చిన్న ఆటవస్తువులో క్షణక్షణమూ కనబడే అసంఖ్యాకమయిన కళారచనలు డిజైనులు సృష్టించే వారిని అపారంగా ఆకర్షించేవి. వారందరూ కలిసి సృష్టించినా, గోడలకు అంటించే కాగితాలమీద, తివాసీలలోనూ, బట్టల అద్దకాలకు పనికి వచ్చే రకరకాల డిజైనులనూ, యీ ఆటవస్తువులాగ మాత్రం సృష్టించలేరు; అది అందమైన డిజైనులను, అనేక రకాలుగా యెంతో ఉపజ్ఞతో సృష్టిస్తుంది.

నూరేళ్ల క్రితం అది కొత్తగా వచ్చినప్పుడు జనం వెర్రెత్తి పోయారు. దానిమీద కవులు పద్యాలు అల్లారు; ఇప్పుడది జనానికి పరిపాటే అయిపోయింది. చాలాకాలంపాటు కెలిడోస్కోపు కేవలం ఆటవస్తువుగానే ఉండేది. యీనాడు దాని సహాయంతో డిజైనులను సృష్టిస్తున్నారు. కెలిడోస్కోపు బొమ్మలను ఫోటోగ్రాఫు చెయ్యడానికి సాధనం సృష్టి అయింది. దాని సహాయంతో అన్ని విధాల అలంకారప్రాయమైన డిజైనులు యాంత్రికంగా తయారుచేయ వచ్చును.

మాయాభవనాలు

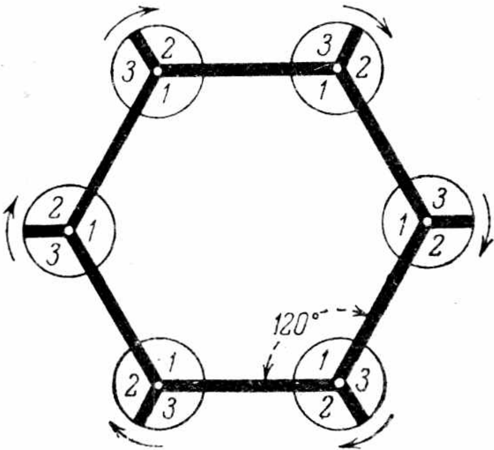
మనం గాజు ముక్కలంత వాళ్లమై కెలిడోస్కోపులో ప్రవేశిస్తే ఏమనిపిస్తుంది? 1900లో పారిస్ ప్రపంచ ప్రదర్శనం చూడబోయిన వారికి యీ విషయం తెలుసుకునే సదవకాశం లభించింది. ఆ ప్రదర్శనంలోని ఒక గొప్ప ఆకర్షణ ''మాయాభవనం,'' అది బ్రహ్మాండ మయిన కెలిడోస్కోపు అంతర్భాగంలాటిది. ఒక ఆరు పలకల గది, గాని ఆరు గోడలూ దివ్య మయిన అద్దాలు ఆరు మూలలా, స్తంభాలూ, వాటికి అందమైన చెక్కడపు బొద్దులూనూ — యీ అలంకరణలలో కప్పు అలంకరణలకు అతికేటట్టుగా ఉన్నాయి. యీ గదిలోకి అడుగు పెట్టిన వాడికి అనంతమైన గదుల మధ్యా, స్తంభాల మధ్యా, ఉన్నట్టు, తనలాటి వాళ్లే అసంఖ్యాకులు వాటిలోకి చూడ వచ్చినట్టూ తోచేది.



చిత్రం 106. మధ్య హాలునుంచి మూడు పరావర్తనాలు జరిగితే 36 హాలులు కనిపిస్తాయి.

చిత్రం 106లో అడ్డగీతలుగల ఆరు గదులూ ఒక సారి ప్రతిఫలించిన తర్వాత వచ్చిన ప్రతిబింబాలు. వాటి తరువాత నిలువు గీతలుగల 12 ప్రతిబింబాలు ద్విత్వ ప్రతిఫలనంవలన వచ్చినవి. ఏటవాలుగీతలుగల 18 ప్రతిబింబాలు మూడు సార్ల ప్రతిఫలనంవలన వచ్చినవి. ప్రతీ ప్రతిఫలనం ప్రతిబింబాల సంఖ్యని ద్విగుణీకరిస్తుంది. మొత్తం సంఖ్య — అద్దాల కళాయి ఎంత నిర్దుష్టంగా ఉందీ, ఎదురెదురు అద్దాలు ఒకదానికొకటి ఎంత ఖచ్చితంగా సమాంతరంగా ఉన్నాయి అన్న విషయాలమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. వాస్తవంగా యీ ప్రదర్శనంలో కనిపించిన 468 గదులు — 12 ప్రతిఫలనాల ఫలితం.

కాంతి పరావర్తన సూత్రాలు తెలిసిన వారికి యీ వింత ఎలా జరిగేదీ బోధపడుతుంది. సమాంతరంగా అమర్చిన అద్దాలు మూడు జతలున్నాయి. కోణాలలో అమర్చిన అద్దాలు పది జతలున్నాయి. అనేక ప్రతిబింబాలేర్పడడంలో ఆశ్చర్యమేమిటి? ఈ పారిస్ ప్రదర్శనంలోనే చూపెట్టబడిన "మాయాభవనం" అనేదానిలో సాధింపబడిన



చిత్రం 107.

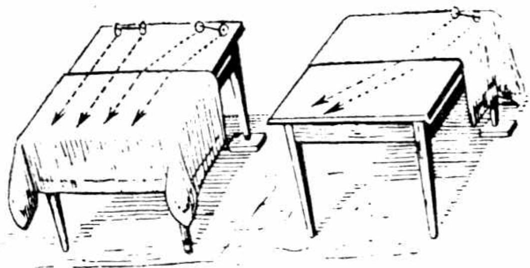


చిత్రం 108. "మాయాభవనం" మర్మం.

దృగ్భ్రమలు ఇంకా తమాషా అయినవి. ఈ "మాయాభవన" నిర్మాతలు అసంఖ్యాకములైన ప్రతిఫలనాలకి తోడు దృశ్యమంతా అతి త్వరితంగా మార్పుచెందేటట్లు చేసారు. అంటే లోపల ప్రేక్షకులను పట్టే బ్రహ్మాండమైన చలన సౌష్ఠవచిత్ర దర్శకాన్ని నిర్మించారు.

దృశ్యంయొక్క మార్పు ఈక్రింది విధంగా సాధింపబడింది: అద్దపు గోడలు అంచుల నుండి కొద్ది దూరంలో నిలువునా కోయబడ్డాయి. ఆవిధంగా వచ్చిన మూల నిలువు అక్షం చుట్టూ తిరగగలదు. ఆ తిరగడంలో ఒక మూల స్థానంలోకి ఇంకొక మూల వస్తూ ఉంటుంది. చిత్రం 107 ప్రకారం 1, 2, 3 అనే మూడు మూలలూ తెప్పిస్తూ మూడు సార్లు మార్పులు చేయొచ్చు. ఇప్పుడు 1 అంకెగల ఆరు మూలలలోనూ అరణ్య వృక్షాలలాగూ, 2 అంకెగల మూలలలో రాజభవనంలాగూ, 3 అంకెగల మూలలలో హైందవ దేవాలయంలాగా అలంకరణలు అమర్చినట్టయితే, ఒక్క చిన్న తిప్పుతో మహారణ్యం పోయి, రాజభవనమో, దేవాలయమో ప్రత్యక్షమవుతుంది. కీలకమంతా కాంతి పరావర్తనంలో ఉన్నది.

కాంతి ఎందుకు, ఎలా వక్రీభవనం చెందుతుంది?



చిత్రం 109. కాంతి వక్రీభవనానికి వివరణ.

కాంతి ఒక యానకం (మీడియం) నుంచి మరొక యానకాన్ని ప్రవేశించి నప్పుడు వక్రీభవనం పొందడమనేది ప్రకృతి చాపల్యమని చాలామంది అనుకుంటారు. కొత్త యానకాన్ని ప్రవేశించి కాంతి కిరణాలు సూటిగా తను దారిన తాము వెళ్లక వాలుగా తిరగడం దేనికో వారికి తెలీదు. మీరు కూడా అంతేనా? అయితే తెలుసుకోండి.

కాంతి ఎలా వక్రీకృతమవుతుందో చూపడానికి ఈ కింది ప్రయోగం ఉపకరిస్తుంది. చిత్రం 109లో చూపిన విధంగా బల్లమీది బల్లలో సగానికి గుడ్డను పరచండి. బల్ల పైభాగాన్ని కొంచెం వాలుగా ఉండేటట్టు చెయ్యండి. రెండు చక్రాల మధ్య ఇరుసు అమర్చి, బల్లమీద దొర్లించండి. [దారపు ఉండల చక్రాలూ, ఫిలింరోల్ మధ్య ఉండే చక్రాలూ ఇందుకు పనికి వస్తాయి. – అను.] చక్రాలు కదిలే దారి గుడ్డ మడతకు సమకోణంలో ఉంటే అవి సూటిగానే వెళ్ళిపోతాయి, కాంతి కూడా అలాగే యానకాలు మారే చోట సమ

కోణంలో పడ్డప్పుడు వక్రీకృతం కాదు. కాని చక్రాలు వెళ్లే మార్గం గుడ్డ మడతకు ఏటవాలుగా ఉన్నప్పుడు గుడ్డను దాటే సమయంలో వాటి మార్గం వక్రిస్తుంది. యానకాలు మారే చోట ఏటవాలుగా పడే కాంతి వక్రీభవనం పొందుతుంది. వక్రీభవనం కలిగే చోటే కాంతి వేగంలో మార్పు కలిగే చోటు కూడా. బల్లమీద వేగం హెచ్చుగా ఉండే ప్రాంతం (గుడ్డలేని భాగం) నుంచి వేగం తక్కువగా ఉండే ప్రాంతానికి (గుడ్డ కప్పిన భాగానికి) రాగానే దారి లంబానికి చేరువ అవుతుంది, వ్యతిరేక దిశలో వెళ్లేటప్పుడు ఎడము అవుతుంది.

కొత్త యానకంలోకి ప్రవేశించినప్పుడు కాంతి వక్రీభవనం పొందడానికి గల కారణం దాని వేగంలో కలిగే మార్పేనని పై ప్రయోగంవల్ల చెప్పొచ్చు. వేగంలో యీ మార్పు ఎంత హెచ్చుగా ఉంటే వక్రీభవనం అంత హెచ్చుగా ఉంటుంది, రెండు వేగాల మధ్యగల నిష్పత్తిని "వక్రీభవన గుణకం" అంటారు. కాంతి మార్గంలో కలిగే వక్రతయొక్క ప్రమాణాన్ని యీ గుణకం సూచిస్తుంది. గాలినుంచి నీటికి మారేటప్పుడు "వక్రీభవన గుణకం" $^4/_3$ అయితే కాంతి నీటిలోకన్న గాలిలో సుమారు 1.3 రెట్లు హెచ్చు వేగంతో ప్రసరిస్తుందని అర్థం.

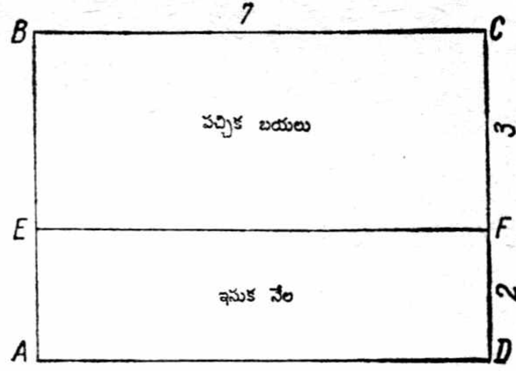
యీ సందర్భంలో మనం కాంతి ప్రసారం గురించి మరొక సంగతి తెలుసుకోగలం. పరావర్తించినప్పుడు కాంతి హ్రస్వతమమైన మార్గాన్ని పట్టుకుంటుంది. వక్రీభవనం పొందేటప్పుడు శీఘ్రతమ మార్గాన్ని పట్టుకుంటుంది. యీ దారి తప్పించి ఇంకే మార్గం పట్టుకున్నా కాంతి గమ్యాన్ని చేరడానికి హెచ్చు కాలం పట్టుతుంది.

దూరపు దారే శీఘ్రతరమయినది

కాని సూటి మార్గానకన్న వక్రమార్గాన మనం మరింత త్వరగా గమ్యాన్ని చేరడం సాధ్యమా? గమన మార్గంలో వేర్వేరు భాగాలలో వేగం వేర్వేరయినప్పుడు సాధ్యమే. *AB* అనే రెండు రైలు స్టేషన్ల మధ్య ప్రాంతంలో *A* కు సమీపంగా నివసించేవారు *A* కు కాలి నడకనో, సైకిళ్లమీదనో వెళ్లి రైలుమీద *B* ని శీఘ్రతరంగా చేరుకుంటారు, కాని హ్రస్వతరమైన దారికదా అని *B* కి సూటిగా వెళ్లరు.

ఇంకొక ఉదాహరణ. ఒక అశ్విక వార్తాహరుడు *A* నుంచి *C* అనే కమాండు పోస్టుకు డిస్పాచీలతో పంపబడ్డాడు (చిత్రం 110). అతను బయలుదేరే చోటికీ కమాండ్ పోస్టుకూ మధ్య కొంత మేర పచ్చిక బయలూ, కొంత మేర మెత్తని ఇసుకా ఉన్నాయి. ఈ రెండు మేరలూ కలిసే చోటును *EF* అనే గీత సూచిస్తుంది. పచ్చిక బయలులో ప్రయాణించ

డానికికన్న ఇసుకలో ప్రయాణించడానికి రెట్టింపు కాలం బట్టుతుందని మనకు తెలుసు. త్వరగా డిస్పాచీలను అందజేయాలంటే వార్తాహరుడు ఏ దారిన వెళ్లాలి?



చిత్రం 110. వార్తాహరుడి సమస్య. *A* నుంచి *C* కి శీఘ్రతమ మార్గం కనుక్కోండి.

A నుంచి *C* కి సూటి దారిన వెళ్లాలని చప్పున అనిపించవచ్చు. కాని ఏ ఆశ్వికుడు కూడా అలా వెళ్లడని కచ్చితంగా చెప్పగలను. ఇసుకమీద ప్రయాణం చాలా ఆలస్యమవుతుంది గనక, అతను ఇసుక ఉండే మేరను తక్కువ ఏటవాలు మార్గాన దాటయత్నిస్తాడు. ఇందువల్ల మైదానంమీద దారి కాస్త దీర్ఘమైనప్పటికీ మైదానంమీద రెండింతల వేగంతో ప్రయాణం చేయవచ్చు కాబట్టి దారి దీర్ఘమవడంవల్ల పూర్వం వచ్చిన లాభం పోదు సరికదా, మొత్తంమీద దారిని తక్కువ కాలంలో ప్రయాణించగలుగుతాడు. ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే, ఇసుకకూ, పచ్చికకూ మధ్యగల సరిహద్దున అతని మార్గం వక్రీభవనం పొందాలి. సరిహద్దుమీద లంబరేఖ గీసినట్టయితే యీ దారికీ ఇసుకలో ఆ లంబరేఖకూ ఉండే కోణం పచ్చిక మైదానంమీద ఉండే కోణంకన్న తక్కువ ఉంటుంది.

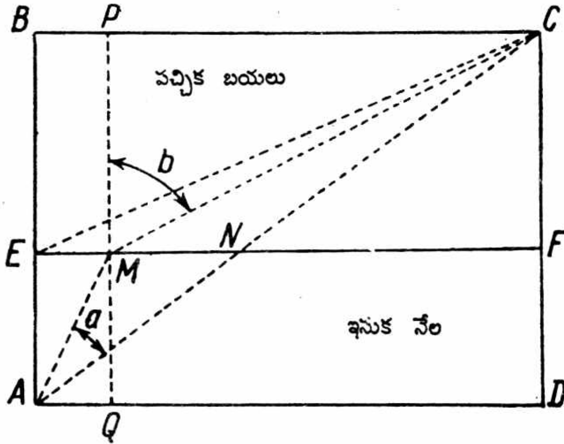
జామెట్రీ జ్ఞానం, ముఖ్యంగా పైతాగరస్ సిద్ధాంతం తెలిసినవారు ఎవరైనా *AC* అనే సూటి దారి శీఘ్రతమంకాదని సులువుగా గ్రహించవచ్చు. చిత్రం 110లో రెండు మేరలకూ వెడల్పులలో కనబరచిన వ్యత్యాసం పాటించినట్టయితే సూటిదారికన్న *AEC* దారి శీఘ్రతరమని స్పష్టమవుతుంది (చిత్రం 111).

చిత్రం 110లో చూపిన ప్రకారం ఇసుక ఉండే మేరయొక్క వెడల్పు 2 కి.మీ., పచ్చిక ప్రాంతం వెడల్పు 3 కి.మీ., *BC* నిడివి 7 కి.మీ. పైతాగరస్ సిద్ధాంతం ప్రకారం *A* నుంచి *C* కి గల దూరం (చిత్రం 111) $\sqrt{5^2+7^2}=\sqrt{74}=8.6$ కి.మీ. ఆ దారిలో ఇసుకమీదుగా ఉండే భాగం *AN* ఇందులో $^2/_5$ అని సులభంగా ఊహించవచ్చు. అంటే 3.44 కిలోమీటర్లు పచ్చికమీదకన్న ఇసుకమీద ప్రయాణం రెట్టింపు కాలం పడుతుంది కనక, యీ ఇసుకదారి 6.88 కిలోమీటర్ల పచ్చిక మార్గానికి సమమవుతుంది. కనుక 8.6 కి.మీ. అయిన *AC* అనే సూటిదారి 12.04 కి.మీ. పచ్చికదారికి సమానం.

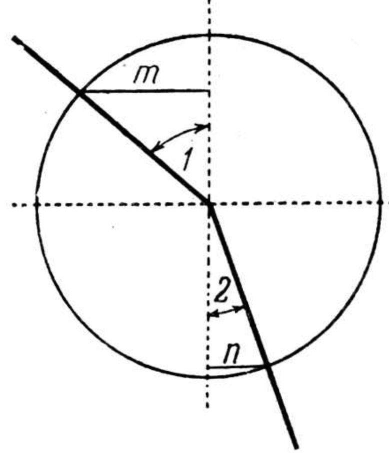
AEC చుట్టుదారిని కూడా ఇలాగే పచ్చికదారి కింద మార్చి చూదాం. *AE* 2 కిలోమీటర్లు, యీ ఇసుకదారి 4 కిలోమీటర్ల పచ్చికదారికి సమానం. *EC* నిడివి

$\sqrt{3^2+7^2}=\sqrt{58}=7.6$ కిలోమీటర్లు. దీనికి 4 కిలోమీటర్లు కలిపితే మొత్తం *AEC* మార్గం 11.6 కిలోమీటర్ల పచ్చికదారికి సమాన మవుతుంది.

కనక హ్రస్వమైన "అడ్డదారి" 12 కిలోమీటర్ల చిల్లర పచ్చికదారికి సమం అయితే దీర్ఘమైన *AEC* దారి 11.6 కిలోమీటర్ల పచ్చికదారికి మాత్రమే సమానం అయింది. అంటే 12–11.6=0.4 కిలోమీటర్లు కలిసి వచ్చింది. అంటే రమారమి అరకిలోమీటరు!



చిత్రం 111. వార్తాహరుడి సమస్యకు జవాబు. శీఘ్రతమ మార్గం *AMC*.



చిత్రం 112. "సైన్" అంటే ఏమిటి? *m* కూ అర్ధవ్యాసానికీ గల నిష్పత్తి కోణం 1 యొక్క సైన్. *n* కూ అర్ధవ్యాసానికీ గల నిష్పత్తి కోణం 2 యొక్క సైన్.

అయితే ఇది కూడా శీఘ్రతమమైన మార్గం కాదు. ట్రిగొనామెట్రీ ప్రకారం శీఘ్రతమమైన మార్గం ఏది అవుతుంది అంటే ఏ దారికైతే *b* అనే కోణంయొక్క సైన్‌కి *a* అనే కోణంయొక్క సైన్‌కి గల నిష్పత్తి పచ్చికమీద వేగానికి ఇసుకమీద వేగానికి గల నిష్పత్తికి అంటే 2:1 కి సమానం అవుతుందో ఆ దారి శీఘ్రతమము. వేరే మాటల్లో చెప్పాలంటే $\sin b \sin a$ కి రెట్టింపు ఉండేటట్టుగా మార్గదిశను ఎన్నుకోవాలి. దీనికి గాను ఇసుక, పచ్చిక ప్రాంతాల మధ్యగల సరిహద్దును *E* కి ఒక కిలోమీటరు దూరంలో ఉన్న *M* అనే చోట దాటవలసి ఉంటుంది. ఈ విషయాన్ని ఈకింది విధంగా నిరూపించవచ్చు:

$$\sin b=\frac{6}{\sqrt{3^2+6^2}},\quad \sin a=\frac{1}{\sqrt{1+2^2}},$$

$$\frac{\sin b}{\sin a}=\frac{6}{\sqrt{45}}:\frac{1}{\sqrt{5}}=\frac{6}{3\sqrt{5}}:\frac{1}{\sqrt{5}}=2$$

పచ్చికపైనా ఇసుకపైనా ఉండే వేగాల నిష్పత్తి కూడా ఇదే.

పచ్చికదారి లెక్కన యీ దూరమెంత? $AM = \sqrt{2^2 + 1^2} = 4.47$ కి.మీ. పచ్చిక మార్గం. $MC = \sqrt{3^2 + 6^2} = 6.49$ కి.మీ. మొత్తం దారి $4.47 + 6.49 = 10.96$ కిలోమీటర్లు — అంటే సూటిదారి (12.04) కన్న 1.08 కిలోమీటరు తక్కువ.

ఈ పరిస్థితులలో చుట్టుదారే నయమని యీ ఉదాహరణద్వారా తెలుస్తుంది. కాంతి వక్రీభవనం పొందేటప్పుడు శీఘ్రతమమైన దారిని అనుసరిస్తుంది. ఎంచేతంటే కాంతి వక్రీభవన సూత్రం గణితశాస్త్ర రీత్యా నిర్దుష్టంగా నిరూపించవచ్చు: వక్రీభవన కోణంయొక్క సైన్‌కూ, పతన కోణంయొక్క సైన్‌కూ గల నిష్పత్తి ఉభయ వాహకాలలోనూ కాంతి వేగాల నిష్పత్తి ఒక్కటిగానే ఉంటాయి. ఆ నిష్పత్తే ఉభయ వాహకాల మధ్య ఉండే ''వక్రీభవన గుణకం.''

కాంతియొక్క పరావర్తన సూత్రమూ వక్రీభవన సూత్రమూ జోడించి చూసినట్టయితే అన్ని సందర్భాలలోను కాంతి శీఘ్రతమమైన మార్గాన్ని అనుసరిస్తుందని స్పష్టమవుతుంది. దీన్నే ఫెర్మాట్ సూత్రం లేక ''కనీసకాల నియమం'' అంటారు.

మన చుట్టూ ఉన్న గాలిపొర పైనుంచి కిందికి ఒకే విధంగా లేదు. కాంతిని వక్రీకృతం చేసే లక్షణం యీ గాలిలో ఒక్కొక్క ఎత్తున ఒక్కొక్క విధంగా ఉంటుంది. ఇలాటి మిశ్ర గుణవాహకాలలో ప్రసరించేటప్పుడు కూడా కాంతి కనీసకాల నియమాన్ని అనుసరించే ప్రసరిస్తుంది. అందుచేతనే నక్షత్రాల కాంతి గాలిపొరలో ప్రవేశించి ప్రసరించేటప్పుడు దాని మార్గం కొద్దిగా వక్రమవుతుంది. ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులు దీన్ని ''వాతావరణ వక్రీభవనం'' అంటారు. గాలిపొర భూమికి సమీపంలో సాంద్రంగానూ పైకి వెళ్లినకొద్దీ పలచగానూ ఉంటుంది. ఆకాశంనుంచి భూమికి వచ్చే కాంతి ఎలా వంగుతుందంటే, వంపుయొక్క లోపలి భాగం భూమికి అభిముఖంగా ఉంటుంది. కాంతి ఎగువ గాలిపొరలలో దాటి వేగం హెచ్చు గనక, వాటిలో ఎక్కువ కాలం ప్రయాణించి తన వేగాన్ని నిరోధించే దిగువ పొరలలో సాధ్యమైనంత తక్కువ సేపు ప్రయాణిస్తుంది. గాలిపొరలన్నిటిగుండా అది సూటిగా ప్రయాణిస్తే ఇది సాధ్యపడదు.

ఫెర్మాట్ సూత్రం కాంతికేగాక ధ్వనికీ సమస్త తరంగ ప్రసారాలకు వాటి ప్రకృతి ఎలాటిదైనప్పటికీ కూడా వర్తిస్తుంది.

దీనికి కారణం తెలుసుకోగోరతారేమో గనక, ష్రోడింగర్ అనే ప్రసిద్ధ భౌతిక విజ్ఞాన శాస్త్రజ్ఞుడు 1933లో స్టాక్‌హోమ్‌లో నోబెల్ బహుమతి స్వీకరించేటప్పుడు చేసిన ప్రసంగంలో కొంత భాగం ఉదహరిస్తాను. సాంద్రత క్రమంగా మారే వాహకంలో కాంతి ఎలా ప్రయాణించేదీ వివరిస్తూ ఆయన ఇలా అన్నాడు.

"సైనికులు భారుగా నిలబడి ఉంటారు. బారు చెడకుండా ఉండగలందులకు వారందరూ, ఒక కర్రను అడ్డంగా పట్టుకుంటారనుకుందాం. కవాతు చేయించేవాడు వీలైనంత వేగంగా పరుగుతీయమని కేక పెడతాడు. వారు కదిలే నేల ఒక పక్కనుంచి మరొక పక్కకు క్రమంగా మారేదైతే మొదట కుడి చివరా తరువాత ఎడమ చివరా వేగం అందుకుంటుంది. బారు తనంతట తానే వంకర తిరుగుతుంది. సైనికులు వెళ్లిన దారి తిన్ననైనది కాదని వక్రించినదని చూడగలం. గమ్యాన్ని చేరుకోవడానికి ప్రతి సైనికుడూ తనకు సాధ్యమైనంత వేగంగా పరుగెత్తుతాడు గనక, యీ వంపు తిరిగిన దారే శీఘ్రతమైనదనుకోవాలి."

కొత్త రాబిన్సన్ క్రూసోలు

మీరు జూల్స్ వెర్న్ రచించిన "రహస్య ద్వీపం" *(Mysterious Island)* చదివే ఉంటే, అందులోని పాత్రలు ఒక నిర్జనమైన దీవిపై చిక్కుపడిపోయి, అగ్గిపుల్లలుగాని, చెకుముకి రాళ్లుగాని లేకుండానే నిప్పు చెయ్యడం మీకు జ్ఞాపకం ఉండే వుంటుంది. డేనియల్ డిఫో నవలలో రాబిన్సన్ క్రూసోకు మెరుపు తోడ్పడుతుంది. దైవికంగా అది ఒక చెట్టుకు తగిలి చెట్టు అంటుకుంటుంది. కాని జూల్స్ వెర్న్ నవలలో విద్యావంతుడూ, భౌతికశాస్త్ర జ్ఞానం గల వాడూ అయిన ఇంజనీరు ఉపజ్ఞ తోడ్పడుతుంది. పెన్‌క్రాఫ్ట్ అనే నావికుడు వేటాడ వెళ్లి తిరిగి వచ్చి, ఇంజనీరూ, విలేఖరీ దివ్యంగా మండుతున్న చలిమంటదగ్గిర కూర్చుని ఉండడం చూసి నిర్ఘాంతపోవడం మీకు జ్ఞాపకం ఉన్నదా?

" 'అయితే మంట చేసిందెవరు?' అని పెన్‌క్రాఫ్ట్ అడిగాడు.

" 'సూర్యుడు.' గిడియన్ స్పిలెట్ సమాధానం సరి అయినదే.

"పెన్‌క్రాఫ్ట్‌కు ఆశ్చర్యం పుట్టించిన వేడి సూర్యుడిచ్చినదే. తన కళ్లను తానే నమ్మలేని స్థితిలో ఉన్న నావికుడు ఆశ్చర్యంతో ఇంజనీరును ప్రశ్నించనైనాలేదు.

" 'మీవద్ద భూతద్దంగాని ఉన్నదాండి?' అని ఇంజనీరు హెర్బర్ట్‌ని హెర్బర్ట్ అడిగాడు.

" 'లేదు, కాని నేను దాన్ని తయారుచేశాను.'

"ఆయన తను తయారుచేసిన భూతద్దం చూపాడు. ఆయన తన గడియారానికీ, విలేఖరి గడియారానికీ ఉన్న అద్దాలు తీసి వాటితో ఆ భూతద్దం తయారుచేశాడు. వాటి నీరు నింపి, రెంటి చుట్టూ జిగురు పెట్టి అతికించాడు. అది భూతద్దంలాగా తయారై, దాని సహాయంతో బాగా ఎండిన బొచ్చుపై సూర్యకిరణాలు కేంద్రీకరించేసరికి భగ్గున మంట వచ్చింది."

రెండు గడియారపు అద్దాల మధ్య నీరు నింపడం దేనికని మీరు అడగగలరు. గాలితో నిండిన ద్వికుంభ కటకం సూర్యకిరణాలను కేంద్రీకరించలేదా?

లేదు. గడియారం అద్దంయొక్క లోపలి, వెలపలి భాగాలు సమాంతరంగా (ఏక కేంద్రంగా) ఉంటాయి. అలాటి యానకాలగుండా ప్రసారమయేటప్పుడు కాంతియొక్క మార్గంలో మార్పేమీ ఉండదు. రెండవ అద్దంలోనుంచి వెళ్లేటప్పుడయినా దాని మార్గం వక్రించదు — ఈ సంగతి భౌతికశాస్త్రం స్పష్టం చేస్తున్నది. ఈ కారణంగా కాంతి కిరణాలు కేంద్రీకృతం కావు. ఈ పని సాధించాలంటే మనం రెండు అద్దాల మధ్య ఉండే ఖాళీ జాగాను పారదర్శకమైన ద్రవంతో నించాలి. ఆ ద్రవానికి కాంతిని వక్రీభవింపజేసే శక్తి గాలికన్న హెచ్చుగా ఉండాలి. జూల్స్ వెర్న్ ఇంజనీరు అలాగే చేశాడు.

గోళాకారంలో ఉండే గాజు పాత్రను దేన్ని నీటితో నింపినా అది భూతద్దంలాగ పని చేస్తుంది. ప్రాచీనులకిది తెలుసు. అంతేగాక, నీటి సహాయంతో మంటవచ్చినప్పటికీ నీరు వేడెక్కదని కూడా వారు గమనించారు. కిటికీలో ఉంచిన నీటి పాత్రలపై ఎండపడి కిటికీలకు కట్టిన కర్టెనులు అంటుకోవడమూ, బల్లలు కమిరిపోవడమూ జరిగిన సందర్భాలున్నాయి. మందుల దుకాణాలలో పెద్ద గాజు గోళాలలో రంగురంగుల నీరు నింపి కిటికీలలో ప్రదర్శించడం రివాజుగా ఉండేది. అవి కారణంగా అడపాతడపా తేలికగా మండే పదార్థాలంటుకొని అగ్ని ప్రమాదాలు కలుగుతుండేవి.

12 సెం.మీ. మించని వ్యాసంగల గోళాకారపు రిటార్టునిండా నీరు నింపి దాన్ని భూతద్దంగా వాడి చిన్న గడియారం అద్దంలో నీరు మరిగించవచ్చు. 15 సెం.మీ. "నాభ్యంతరం" (ఫోకల్ డిస్టెన్స్)తో 120 డిగ్రీల వేడి ఉత్పాదన మవుతుంది. (నాభి, లేక ఫోకస్ రిటార్టుకు సమీపంగానే ఉంటుంది.) భూతద్దంలో లాగే దీనితో కూడా సిగరెట్టు వెలిగించవచ్చు.

అయితే నీరు నింపిన దానికన్న గాజు కటకం (లెన్సు) శ్రేష్ఠమైనదని గుర్తుంచుకోవాలి. ఎందుకంటే గాజుకన్న నీటియొక్క వక్రీభవన గుణకం చాలా తక్కువ, అదీగాక హెచ్చు వేడిని కలిగించే పరారుణ (ఇన్ఫ్రా రెడ్) కిరణాలను నీరు హరించేస్తుంది.

కళ్లద్దాలు, దూర్బిణులు రావటానికి వెయ్యి పైచిలుకు సంవత్సరాలపూర్వమే ప్రాచీన గ్రీకులకు గాజు కటకాలతో వేడి పుట్టించవచ్చునని తెలిసి ఉండటం ఆశ్చర్యకరం. "మేఘాలు" అనే హాస్య నాటకంలో అరిస్టోఫనిజ్ ఈ సంగతి ప్రస్తావించాడు. సోక్రటీస్ స్ట్రెప్సియాడిస్‌ను ఇలా ప్రశ్నిస్తాడు: "'ఎవరైనా నీ పక్షాన అయిదు టాలెంట్ల మొత్తానికి ఋణ పత్రం రాస్తే దాన్ని ఎలా నిర్మూలిస్తావు?'

11 Зак. 17269

"క్రైస్టెప్సియాడిస్: 'నేనొక పద్ధతి తెలుసుకున్నాను. అది తెలివైనదని మీరు కూడా ఒప్పుకుంటారు. మందులమ్మే వాళ్లవద్ద అమ్ముతున్న అద్భుతమైన, స్ఫటికంలాటి రాయి మంటను సృష్టిస్తుంది. మీరు చూసే ఉంటారేమో?'

"సోక్రటీస్: 'నువ్వనేది భూతద్దం గురించా?'

"క్రైస్టెప్సి: 'అవును.'

"సోక్ర: 'సరే, అయితే?'

"క్రైస్టెప్సి: 'పత్రం రాస్తుండగా నేను రాసేవాడివెనుక నిలబడి ఎండను ఫోకస్ చేసి వాడు రాసేదంతా కరిగించేస్తాను.' "

అరిస్టోఫనిజ్ కాలంలో గ్రీకులు రాయడానికి మైనం పూసిన పలకలు ఉపయోగించేవారు. ఆ మైనం తేలికగా కరిగేది.

మంచుసహాయంతో మంట

మంచుగడ్డ కూడా, తగినంత పారదర్శకంగా ఉంటే, కటకంగా ఉపయోగపడి నిప్పుని సృష్టిస్తుంది. ఇలా ఉపయోగించేటప్పుడు మంచుగడ్డ వేడెక్కి కరగదు. మంచుగడ్డయొక్క వక్రీభవన గుణకం నీటి దానికన్న కొంచెమే తక్కువ. గోళాకారంగల నీటిపాత్ర భూతద్దంగా పనికి వస్తుంది గనుక, అలాటి ఆకారమే గల మంచుగడ్డ కూడా పనికి వస్తుంది. జూల్స్ వెర్న్ రచించిన "కాప్టెన్ హెటరాస్‌యొక్క సాహసకృత్యములు" (*The Adventures of Captain Hatteras*)లో డాక్టర్ క్లాబనీ అనే వాడు నిప్పుచెయ్యడానికి గడ్డమంచు "భూతద్దం" సహాయపడు తుంది. ప్రయాణీకులు $-48°C$ చలిలో నిప్పుచేసే సాధనాలేవీలేని చోట చిక్కుపడిపోతారు.



చిత్రం 113. "డాక్టరు సూర్యకిరణాలను ఇంధనం పైన ఫోకస్ చేశాడు."

"'ఇది మహాదారుణం,' అన్నాడు కాప్టెన్.

"'అవును,' అని డాక్టరు జవాబిచ్చాడు.

"'మంట చెయ్యడానికి మనదగ్గర దూర్భిణి అయినా లేదు.'

"'అదే మరీ అన్యాయం, ఏమంటే ఎండ బాగానే ఉంది. మంట చెయ్యడానికి చాలు.'

"'ఏం చేస్తాం? ఎలుగు మాంసం పచ్చిదే తినాలి,' అన్నాడు కాప్టెన్.

"'గత్యంతరంలేకపోతే తప్పేదేముంది,' అన్నాడు డాక్టరు సాలోచనగా. 'కాని ఒక లాగా....'

"'ఏమిటది?' అని హెటరాస్ అడిగాడు.

"'ఒక ఆలోచన తట్టింది....'

"'అయితే బతికామన్నమాటే,' అన్నాడు తండేలు.

"'కాని....' అంటూ డాక్టరు సంకోచించాడు.

"'ఏమిటది?' అని కాప్టెన్ అడిగాడు.

"'మనదగ్గర భూతద్దం లేదు, గాని తయారుచేయవచ్చు.'

"'ఎలా?' అని తండేలు అడిగాడు.

"'గడ్డమంచుతో.'

"'మీ ఉద్దేశ్యం....'

"'ఏం? మనక్కావలసింది సూర్యకిరణాలను కేంద్రీకృతం చెయ్యడమేగా? ఆ పని మంచుగడ్డ చేస్తుంది. మంచినీటి మంచయితే బాగుండేది — అది పారదర్శకంగాను ఉంటుంది. అంత తేలికగా విరగదు కూడా.'

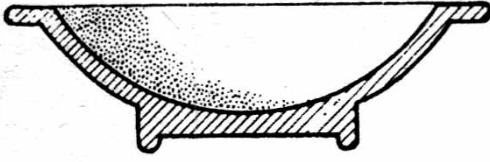
"'అదుగో, ఆ మంచుశిల మనకు పనికి వచ్చేలాగుంది,' అంటూ తండేలు సుమారు నూరు అంగల దూరంలో ఉన్న మంచుశిలను చూపాడు.

"'అవును. నీ గొడ్డలి తీసుకో, పోదాం.'

"ముగ్గురు మంచుశిలవద్దకు వెళ్లారు. అది మంచినీటి మంచే.

"డాక్టరు ఒక అడుగువ్యాసం ఉండే మంచుముక్కను కొట్టి ఇవ్వమన్నాడు. తర్వాత దాన్ని తన గొడ్డలితోనూ, కత్తితోనూ కటకం ఆకారంగా చెక్కి, చేతితో పాలిష్ చేశాడు. చక్కని, పారదర్శకమైన భూతదం తయారయ్యింది. దానితో సూర్యకిరణాలను ఇంధనంపైన ఫోకస్ చేసేసరికి కొద్ది క్షణాలలో మంట రాజుకున్నది."

జూల్స్ వెర్న్ కథ అసంభావ్యమైనది కాదు. ఈ పని మొట్టమొదటిసారిగా 1763లో ఇంగ్లండులో విజయవంతంగా సాధించారు. దరిమిలా అనేక సందర్భాలలో మంట చెయ్యడానికి గడమంచు ఉపయోగించబడింది. ఈ కథలో నమ్మశక్యంకానిదేమంటే, $-48^{\circ}C$ చలిలో



చిత్రం 114. మంచుతో భూతద్దం చేయడానికి ఉపయోగపడే గిన్నె.

గొడ్డలి, కత్తి, మనిషి చెయ్యిలాటి సాధనాలతో మంచుగడ్డ భూతద్దం తయారుగావడం సాధ్యమవడం. ఇంతకన్న కూడా సులువైన మార్గం ఉన్నది: తగిన ఆకారంగల పాత్రలో నీరుపోసి గడ్డకట్టించాలి. తరువాత పాత్ర అడుగుభాగాన్ని కొద్దిగా వెచ్చబెట్టి మంచును పైకి తియ్యాలి.

అలాటి "భూతద్దం" విపరీతంగా చలి ఉన్న రోజున, ఆకాశం నిర్మలంగా ఉండి, ఆరు బయట అయితేనే పనిచేస్తుంది. కిటికీలు మూసిన గదిలోపల అది ఎంత మాత్రమూ పని చెయ్యదు, ఎందుకంటే సూర్యకాంతిలోని శక్తిలో చాలా భాగం కిటికీల అద్దాలే హరిస్తాయి; వాటినుంచి వచ్చే కాంతిలో తగినంత శక్తి ఉండదు.

ఎండ సహాయంతో

శీతకాలంలో మరొక ప్రయోగం కూడా చేయవచ్చు. ఒకే ప్రమాణంగల తెలుపు, నలుపు గుడ్డముక్కలను ఎండలో మంచుమీద* పరచినట్టయితే, ఒకటి, రెండు గంటల అనంతరం నల్లగుడ్డముక్క సగం మంచులో కూరుకుపోయి ఉంటుంది, తెల్లది మాత్రం పరచినది పరచినట్టే ఉంటుంది. నల్లగుడ్డ తనమీద పడే సూర్యకిరణాలను చాలావరకు గ్రహించగలగడంచేత దానికింద ఉండే మంచు కరుగుతుంది. తెల్లగుడ్డ తనపై పడే కిరణాలను చాలా భాగం చెదరకొట్టడంవల్ల ఏమంత వేడెక్కదు.

ఈ ప్రయోగాన్ని మొదట చేసినవాడు స్వాతంత్ర్య సమరంలో ఖ్యాతి సంపాదించిన అమెరికను శాస్త్రవేత్త బెంజమిన్ ఫ్రాంక్లిన్. ఈయన "ఆకాశ విద్యుద్గ్రహిణి" (**lightning conductor**) కనిపెట్టి శాశ్వత కీర్తి సంపాదించాడు. "దర్జీవాళ్ల గుడ్డల నమూనాలనుంచి అనేక బనాతుముక్కల చదరాలు చిన్నచిన్నవి తీసుకున్నాను. వాటిలో నలుపు, ముదరు నీలం, సాదానీలం, ఆకుపచ్చ, ఊదారంగు, ఎఱుపు, తెలుపురంగులు, మిశ్రమవర్ణాలు వున్నాయి. వాటిని ఉదయం ఎండ నిర్మలంగా ఉన్న సమయంలో మంచుమీద పరిచాను. కొద్ది గంటల

---

* చలి దేశాలలో శీతకాలంలో కురిసే మంచు ఆరబోసిన పిండిలాగా నేలంతా పరుచుకొని ఉంటుంది. అటువంటి మంచు గురించే ప్రస్తుత ప్రస్తావన. — అను.

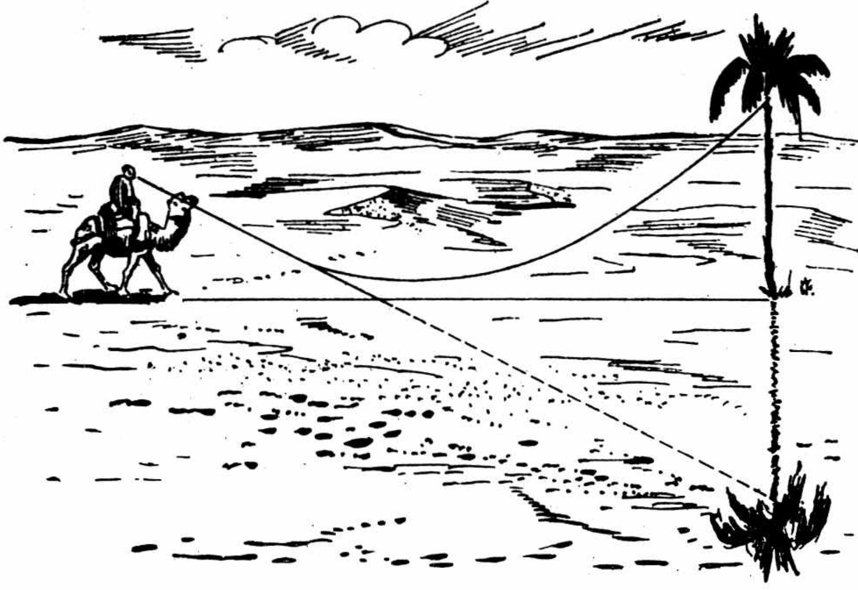
తర్వాత (ఎన్ని గంటలతర్వాతనో నాకిప్పుడు స్పష్టంగా జ్ఞాపకం లేదు) నల్లటి చదరం ఎండకు హెచ్చు వేడెక్కి, సూర్యకాంతి తగలనంత లోతుకు కూరుకుపోయింది. ముదరునీలం రంగు ముక్క కూడా దాదాపు అంత లోతుకు పోయింది. సాదానీలం అంతగా కూరుకు పోలేదు. మిగిలిన రంగుల ముక్కలు రంగు లేతది అవుతున్నకొద్దీ తక్కువ లోతుకు కూరుకు పోయాయి. ఒక్క తెల్లదే మంచులోకి దిగిపోకుండ పైన ఉండిపోయింది.

"ప్రయోజన రహితమైన జ్ఞానం దేనికి? ఈ ప్రయోగాన్నిబట్టి, వేసవిలోనూ, వేడిగా ఉన్నప్పుడు నల్లని దుస్తులకన్న తెల్లని దుస్తులు ధరించడం మంచిదని మనం తెలుసుకో వచ్చు. ఎందుకంటే, నల్లని దుస్తులు ధరించి మనం ఎండలో నడిస్తే, నడకవల్లా, దుస్తుల వేడివల్లా, శరీరం రెట్టింపుగా వేడెక్కి నానా విషజ్వరాలూ కలుగవచ్చు. వేసవిలో స్త్రీలూ, పురుషులూ ధరించే టోపీలు తెల్లగా ఉండాలి, లేకపోతే కొందరికి ఎండదెబ్బ తగిలి తలనొప్పులొ స్తాయి, కొందరికి అపాయకరమైన వడదెబ్బ కూడా తగులుతుంది. కాయలపైన నల్లని పూత పూస్తే పగటివేళ బాగా ఎండవేడి గ్రహించి, రాత్రివేళ కూడా కొంత వేడిని నిల బెట్టుకుని, మంచు దెబ్బకు తట్టుకుని, ఏపుగా పెరుగుతాయిగదా. బుద్ధికుశలత గలవారు చిన్న, పెద్ద వివరాలు సమయానుకూలంగా ఆలోచించవచ్చు."

ఈ జ్ఞానంనుండి పొందదగిన ప్రయోజనం ఒక సందర్భంలో నిరూపితమయింది. 1903లో "హౌస్" అనే నౌకలో జర్మనులు దక్షిణధ్రువ ప్రాంతానికి వెళ్లినప్పుడు నౌక గడ్డ కట్టిన మంచులో చిక్కుకు పోయింది. మంచును రంపాలతో కొయ్యడమూ, పేలుడు మందుతో పేల్చడమూ మొదలైన మామూలు పద్ధతులన్నీ నిరుపయోగమయాయి. అవి ఘనమీటరులో కొన్ని శతాంశాల మంచును మాత్రమే త్రవ్వగలిగాయి. అప్పుడు సూర్యకిరణాలు అక్కరకు వచ్చాయి. నౌక దగ్గరనుంచి దగ్గరలో మంచులో నున్న బీట దాకా, రెండు కిలోమీటర్ల దూరం, పది మీటర్ల వెడల్పున నల్లని బూడిదా, రాక్షసిబొగ్గూ చల్లారు. ఇది జరిగిన ప్పుడు దక్షిణధ్రువ ప్రాంతానికి వేసవి కావడంచేత నిర్మలాకాశంతో దీర్ఘమైన పగళ్లు ఉండేవి. డైనమైటూ, రంపాలూ చెయ్యలేని పని సూర్యుడి కిరణాలు చేశాయి. బూడిదా, బొగ్గూ చల్లిన దారి పొడుగునా మంచు కరిగి బద్దలై, నౌకకు దారి ఇచ్చింది.

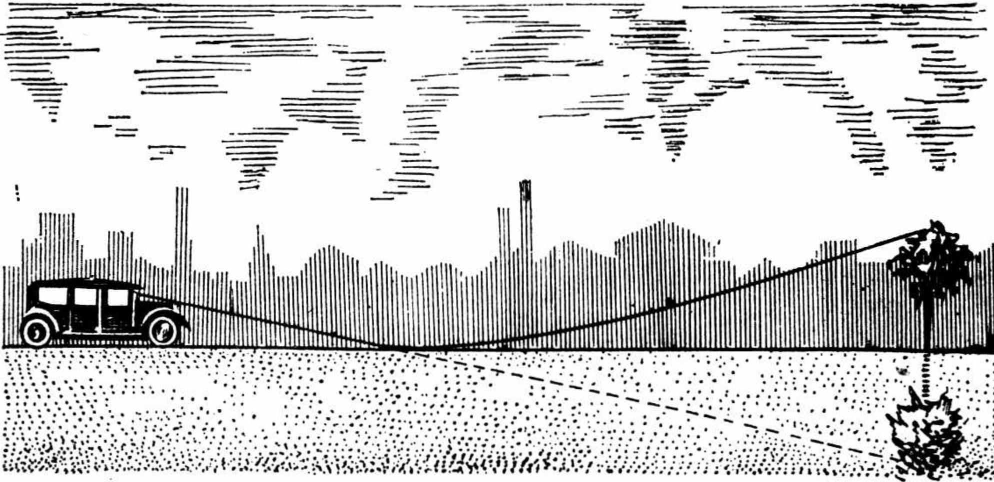
ఎండమావులు

భౌతికశాస్త్ర దృష్ట్యా ఎండమావులు కలిగే కారణం మీకందరకూ తెలుసుననుకుంటాను. ఎండ తీక్షణానికి ఎడారి ఇసుక కాలి దాని సమీపంలో ఉండే గాలిపొర వేడెక్కి పలచబడుతుంది. కాని ఎగువగా ఉండే గాలి హెచ్చు సాంద్రత కలిగి ఉంటుంది. అలాటి పరిస్థితిలో ఇసుక



చిత్రం 115. ఎడారిలో ఎండమావుల వివరణ. సామాన్యంగా పాఠ్య పుస్తకాలలో చూపే ఈ బొమ్మలో నేలకేసి వచ్చే కిరణం దారి మరీ నిట్రంగా ఉంటుంది.

అద్దంలాగ ప్రవర్తిస్తుంది. దూరాన ఉండే వస్తువులనుంచి ఏటవాలుగా ఇసుకపైన పడే కిరణాలు, అద్దంమీద అధిక కోణంలో పడి ప్రతిఫలించినట్టుగా, వంపు తిరిగి నేలనుంచి దూరమవుతూ పైకి ప్రసరించి చూసేవాడి కన్ను చేరుతాయి. ఎడారి ప్రయాణికుడు నీటి ఒడ్డున ఉన్న వస్తువుల ప్రతిబింబాలు చూస్తున్నాననుకుంటాడు (చిత్రం 115).



చిత్రం 116. తారు రోడ్డుమీద ఎండమావులు.

నిజానికి ఇసుకపైనుండే వేడి గాలిపొర అద్దంలాగ ప్రతిఫలిస్తుందనడంకంటె, నీటి కిందనుంచి చూస్తే నీటి ఉపరితలం ప్రతిఫలించినట్టు ప్రతిఫలిస్తుందనడం సరిగా ఉంటుంది. ఇది మామూలు ప్రతిఫలనం కాదు, దీన్ని భౌతికశాస్త్రజ్ఞులు "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనము" అంటారు, ఇది, అత్యధిక కోణంలో – 115వ చిత్రంలో చూపినదానికన్న హెచ్చు కోణంలో – కాంతి పలచని గాలపొరను తాకినప్పుడు మాత్రమే కలుగుతుంది. లేనట్టయితే కాంతియొక్క పతనకోణం "సందిగ్ధ కోణాన్ని" మించదు. [వక్రీభవన కోణం 90 డిగ్రీలు ఉండడానికి అనుకూలమైన పతనకోణాన్ని "సందిగ్ధ కోణం" అంటారు. – అను.] పతనకోణం ఇంతకంటె హెచ్చుగా ఉంటేతప్ప సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం సాధ్యం కాదు.

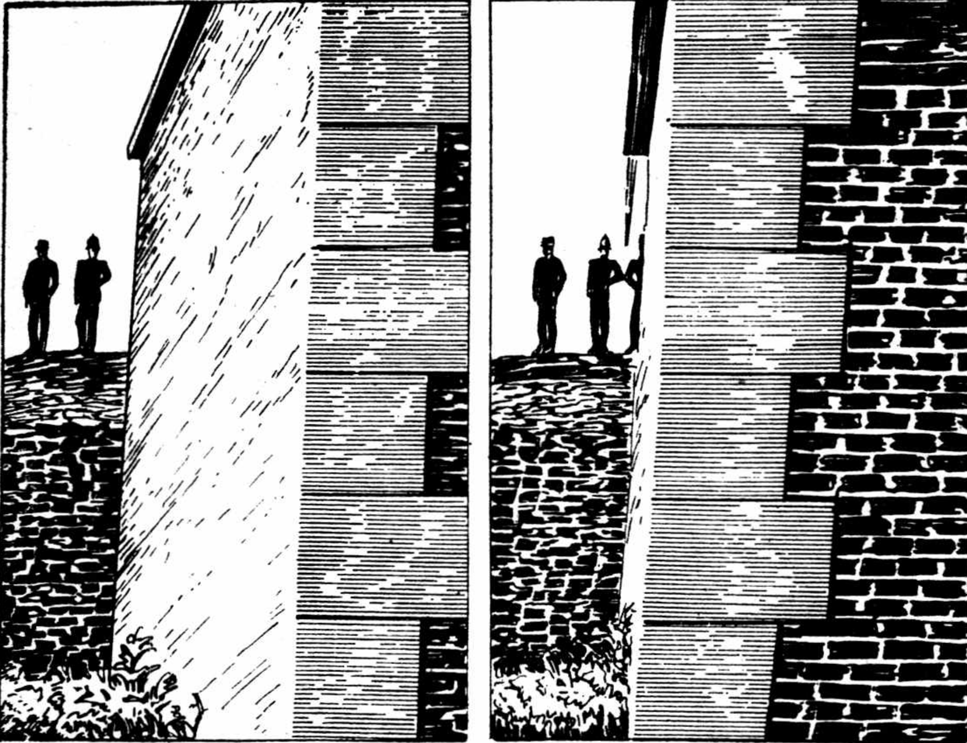
ఈ సందర్భంలో పొరపాటులకి దారి తీసే ఒక విషయం చెప్పాలి. పై వివరణలో సాంద్రమైన గాలిపొర పలచని గాలిపొరకు ఎగువగా ఉండి తీరాలన్నది ముఖ్యాంశం. అయితే సాంద్రమైన గాలి హెచ్చు బరువు కలది గనక, అది కిందికి దిగి పలచని గాలి స్థానాన్ని ఆక్రమించుతుందని మనకు తెలుసు. అలాటప్పుడు ఎండమావులు కనిపించడానికి కావలసినట్టుగా సాంద్రమైన గాలి ఎగువగా ఉండడం పలచని గాలిపొర దిగువగా ఉండడం ఎలా సాధ్యపడుతుంది?

ఎందుకంటే గాలి అనుక్షణమూ చలనంతో కూడి ఉంటుంది గనక, నేలమీద గాలి వేడెక్కి పైకి పోతూనే ఉంటుంది, దాని స్థానాన్ని ఆక్రమించిన గాలి వేడెక్కుతూనే ఉంటుంది. ఈ కారణంచేత, "కాలిపోయే" ఇసుకకు ఎగువగా పలచపడిన గాలి ఎప్పుడూ ఉంటుంది. అస్తమానమూ అదే గాలి ఉండదు. కాని కాంతి ప్రసారానికి ఆక్షేపణ ఏమీ లేదు.

పైన వివరింపబడిన ఎండమావుల గురించి మనుషులకు అనాదిగా తెలుసు. ఆధునిక వాతావరణ శాస్త్రంలో వీటిని "దిగువ" ఎండమావులు అంటారు ("ఎగువ" ఎండమావులు అనబడే వాటినుంచి వేరుపరచేందుకు – అవి వాతావరణంలో పైనుండే పలచని గాలిపొరల మూలంగా ఏర్పడతాయి.). ఈ రకమైన ఎండమావులు ఎండలు మండిపోయే దక్షిణ ప్రాంతపు ఎడారులలో మాత్రమే కనిపిస్తాయనీ, ఉత్తర ప్రాంతాలలో ఎన్నడూ కనబడవనీ చాలామంది అనుకుంటారు. ఇది పొరపాటు. తారు రోడ్లు నల్లగా ఉంటాయి గనక, వేసవిలో అవి బాగా కాలినప్పుడు వాటిపైన ఎండమావులు తరుచు కనిపిస్తాయి. రోడ్డుయొక్క గరుకైన ఉపరితలంమీద నీరు పోసినట్టూ, అందులో దూరపు వస్తువులు ప్రతిబింబించుతున్నట్టూ కనిపిస్తుంది. చిత్రం 116లో కాంతి ప్రసరించే మార్గం చూపబడింది. జాగ్రత్తగా గమనించగలవాడికి ఈ ఎండమావులు అందరూ అనుకునేంత అరుదుగా కాక తరచూ చూడవచ్చు. [మద్రాసువారు రోడ్డుపైన బాగా ఎండగా ఉన్నప్పుడు కార్లలో పోతూండే రోడ్డుకడ్డంగా నీటి మడుగుల చారలున్నట్టు కనిపించడమూ, వాటిలో ఎదురుగా వచ్చే కార్ల ముందు భాగాల కొంత భాగం పూర్తిగా

ప్రతిఫలించడమూ నేను స్వయంగా అనేక వందల సార్లు చూశాను. అయితే ఈ "నీటి చారలు" ఫర్లాంగుకన్న తక్కువ దూరంలో సాధారణంగా కనిపించవు. — అను.]

"పక్క" వాటంగా ఏర్పడే మరొక రకం ఎండమావులున్నాయి. అలాటివి ఉంటాయని కూడా సాధారణంగా ఎవరూ అనుకోరు. బాగా వేడెక్కిన నిలువు గోడలనుంచి అది ఏర్పడు తుంది. ఇలాటి దాన్ని ఒక ఫ్రెంచివాడు చూచి వర్ణించాడు. అతను ఒక కోట గోడను సమీపి స్తుండగా అది ఆకస్మికంగా తళతళలాడి అద్దంలాగ పరిసర ప్రాంతాలను, నేలను, ఆకాశాన్ని ప్రతిఫలించ సాగింది. మరికొంత ముందుకు వెళ్లేసరికి మరొక గోడ కూడా అలాగే అయింది. గరుకుగా బూడిద రంగులో నున్న గోడయొక్క ఉపరితలానికి ఉన్నట్టుండి మెరుగు పెట్టి నట్టయింది. గోడలు మండుటెండకు కాలడంవల్ల ఇలా జరిగింది. చిత్రం 118లో F, F^1 అనే గోడలూ వాటినుండి ఎండమావులూ కనిపించినప్పుడు ఫ్రెంచివాడు నిలబడి ఉన్న A, A^1 అనే స్థానాలు చూపబడ్డాయి. గోడలు తగినంత వేడెక్కినప్పుడల్లా ఎండమావులు కనిపిస్తాయని ఫ్రెంచివాడు కనిపెట్టాడు. అతను వాటిని ఫోటోగ్రాఫు చేశాడు కూడా.



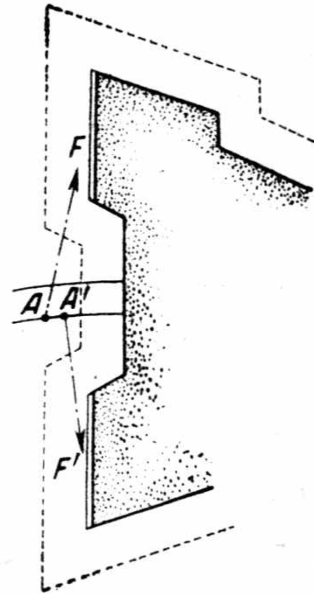
చిత్రం 117. (ఎడమ) గరుకైన బూడిద రంగు గోడ (కుడి) ఒక క్షణంలోనే అద్దంలాగ ప్రవర్తిస్తుంది.

చిత్రం 117లో F అనే కోట గోడ A^1 వద్దనుంచి ఫోటోగ్రాపు చెయ్యబడినది చూపబడింది. మొదట గరుకుది (ఎడమ) తర్వాత తళతళమనేది (కుడిది). ఎడమ పక్కన చూపిన మామూలు బూడిద రంగు కాంక్రీటు గోడ, దాని సమీపంలో నిలబడి ఉన్న ఇద్దరు సైనికులను ప్రతిఫలించలేకపోవడం సహజమే. కాని అదే గోడ కుడి పక్క బొమ్మలో తనకు సమీపంగా ఉన్నవాడి సౌష్ఠవ ప్రతిబింబాన్ని అద్దంలాగ చూపుతోంది. ఇంతకూ ప్రతిఫలం జరిగేది గోడనుంచి కాదు, గోడకు సమీపంగా ఉండే వేడెక్కిన గాలిపొరనుంచి.

ఎండ తీవ్రంగా ఉన్న రోజున పెద్ద భవనాల గోడలను గమనించినట్టయితే ఇలాటి ఎండమావులను తరచూ పొడగట్టవచ్చు.

"ఆకుపచ్చ కిరణం"

"సూర్యుడు సముద్రంలోకి క్రుంకడం చూశారా? నిస్సందేహంగా చూసి ఉంటారు. సూర్యగోళంయొక్క పై అంచు దిజ్మండలాన్ని తాకి అదృశ్యం కావడం చూసి ఉంటారా? బహుశా చూసి ఉంటారు. కాని కాంతి గోళమైన సూర్యుడి ఆఖరి కిరణం అంతర్థానమయ్యేటప్పుడు ఆకాశం మేఘాలు లేకుండ స్వచ్ఛంగా ఉన్నప్పుడు ఏమి జరిగేది గమనించారా? బహుశా గమనించి ఉండరు. అలాటి అవకాశాన్ని వదలక గమనించండి: మీకు ఎర్రని కిరణం కనిపించడానికి బదులు అత్యద్భుతమైన ఆకుపచ్చని కిరణం కనిపిస్తుంది: అటువంటి రంగును ఏ చిత్రకారుడూ చిత్రించలేడు సరికదా, ఆ రంగును ప్రకృతి కూడా చెట్లలోగాని, స్వచ్ఛమైన సముద్రాలలోగాని ఎన్నడూ చూపదు."



చిత్రం 118. ప్రతిఫలనం కనిపించిన కోటయొక్క ప్లాను. A నుంచి చూస్తే F అనే గోడ, A' నుంచి చూస్తే F' అనే గోడ అద్దాలలాగ కనిపించాయి.

"ఆకుపచ్చని కిరణం" అనే జూల్స్ వెర్న్ నవలలోని నాయిక పై ప్రకటనను ఒక ఇంగ్లీషు పత్రికలో చదివి తన్మయురాలై, ఆ దృశ్యాన్ని కళ్లారా చూడ్డంకోసం అనే ఒకే ఒక లక్ష్యంతో ఎన్నో సంచారాలు చేస్తుంది. యీ స్కాట్‌లండ్ యువతి ప్రకృతియొక్క ఈ మనోహర దృశ్యాన్ని తిలకించలేకపోయినట్లు జూల్స్ వెర్న్ చెప్పాడు. కాని అలాటి కిరణం ఉన్నమాట మట్టుకు నిజం. దానికి సంబంధించిన కట్టుకథలు అనేకం ఉన్నప్పటికీ అది మాత్రం కట్టు

కథ కాదు. దానికొరకు అన్వేషించే ఓపిక ఉన్నట్టయితే ప్రకృతి సౌందర్య పిపాసి అయినవాడు దానిని తప్పక చూడగలడు. చూసి ఎంతో ఆనందం పొందగలడు.

ఆకుపచ్చ కిరణం ఎంచేత వస్తుంది?

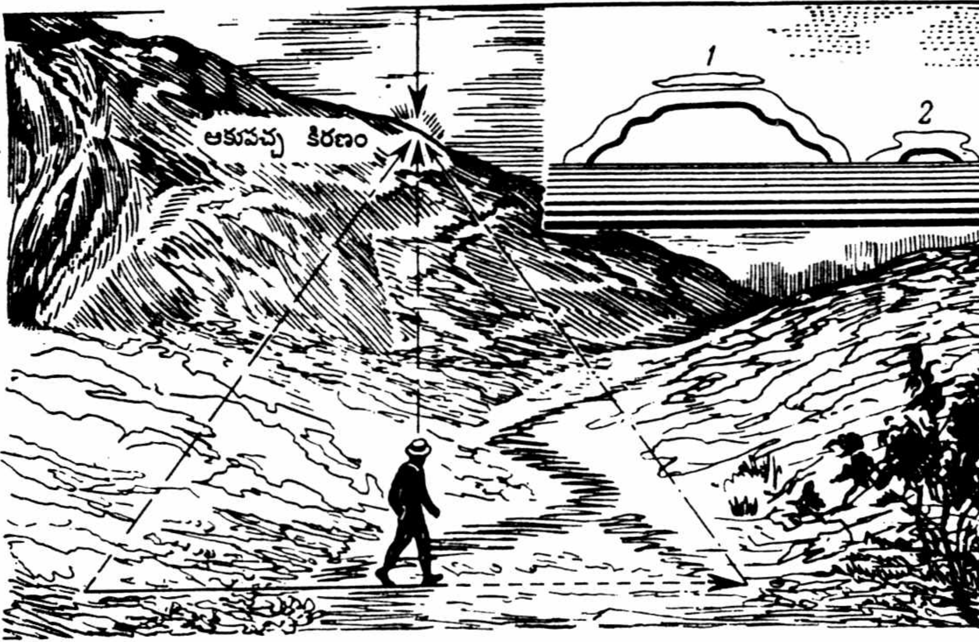
గాజు ప్రిజంలోనుంచి చూస్తే వస్తువులు ఎలా కనిపించేది జ్ఞాపకం చేసుకుంటే పై సంఘటనకి కారణం అర్థం అవుతుంది. ఈవిధంగా చెయ్యండి. వెడల్పు భాగం కింద కుండే టట్లు ఒక ప్రిజమును క్షితిజ సమాంతరంగా కంటికి అడ్డంగా పెట్టుకుని గోడకు అంటించిన కాగితాన్ని చూడండి. ఆ కాగితం అసలు స్థానానికి చాలా ఎగువగా కనిపిస్తుంది. అంతే కాక దాని పై అంచు ఊదా — నీలంగాను, కింది అంచు పసుపు — ఎరుపు రంగుగాను కనిపిస్తుంది. కాగితం ఎగువగా కనిపించడానికి కారణం కాంతియొక్క వక్రీభవనం. దాని అంచులు రంగుగా కనిపించడానికి కారణం ప్రిజంయొక్క విశ్లేషణ గుణం: అంటే వివిధ రంగులు గల కాంతి కిరణాలను వివిధంగా వక్రీభవనం పొందించడం. ఊదా, నీలం కిరణాలు మిగిలిన అన్నిటికన్నా హెచ్చు వక్రీభవనం పొందుతాయి. అందుకే మనకు కాగితం పై అంచు ఆ రంగు అలో కనిపిస్తుంది. ఎరుపు రంగు అన్నిటికన్నా తక్కువ వక్రీభవనం పొందుతుంది. అంచేతే కాగితం దిగువ అంచు ఆ రంగులో కనిపిస్తుంది.

ఇప్పుడు నేను చెయ్యబోయే వివరణ మరింత బాగా అర్థం కావాలంటే యీ రంగు లేర్పడడం గురించి కొంత చెప్పాలి. కాగితంనుంచి, వచ్చే తెల్లని కాంతిని వర్ణమాలలోని వివిధ వర్ణాలలోకి ప్రిజం విడకొట్టింది. కాగితానికి రంగురంగుల బింబాలను కలిగిస్తుంది. యీ బింబాలు వక్రీభవన సూత్రాన్నిబట్టి ఒక క్రమంలో ఏర్పడి ఒకదానిపై ఒకటి పడతాయి. కాగితంయొక్క "బింబాలు" అన్ని రంగులలోనూ పడిన మేర కంటికి తెలుపు — వర్ణాలన్నిటి సమన్వయము — కనిపిస్తుంది. రెండు అంచులా మాత్రమే ఒకదానితో ఒకటి కలియక వర్ణాలు కనిపిస్తాయి. ప్రఖ్యాత జర్మన్ కవీ, ప్రకృతిశాస్త్రజ్ఞుడు అయిన గోథే ఈ ప్రయోగం చేశాడుగాని, దానిని సరిగా అర్థం చేసుకోలేక న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన రంగుల సిద్ధాంతాన్ని తాను పూర్వపక్షం చేశాననుకున్నాడు. తరవాత ఆయన రంగులను గురించి తన స్వంత సిద్ధాంతం ఒకటి ప్రకటించాడు. అది తప్పుల తడికె. కాని మీరు ఆయనలాగే పొరపాటు పడి ప్రిజం ప్రతి వస్తువుకు లేని రంగులిస్తుందని అనుకోనవసరం లేదు.

భూమిమీద వుండే వాతావరణం తలకిందులుగా ఉన్న బ్రహ్మాండమైన గాలి ప్రిజం లాటిది. దిజ్మండలాన్ని ఉన్న సూర్యబింబాన్ని చూసినప్పుడు మనం దానిని గాలి ప్రిజముగుండా చూస్తున్నాం. బింబం పై అంచున ఆకుపచ్చ, నీలం వర్ణమూ దిగువ అంచున పసుపు — ఎరుపు వర్ణమూ వుంటాయి. సూర్యుడు ఆకాశంలో దిజ్మండలానికి ఎత్తుగా వున్నప్పుడు తీక్ష్ణమైన దాని కాంతి ముందు తక్కువ కాంతి గల విశ్లేషిత వర్ణాలు ఏమాత్రమూ కనిపించవు.

కాని ఉదయాస్తమయాల వేళ దాదాపు బింబమంత దిజ్మండలానికి దిగువగా ఉన్నప్పుడు బింబంయొక్క పై అంచు నీలంగా చూస్తాం. అది రెండు రంగులది. ఎగువగా నీలపు చార దిగువగా తేలిక నీలం — నీలంలో ఆకుపచ్చ చేరగా ఏర్పడిన వర్ణం — ఉంటుంది. దిజ్మండలాన గాలి శుభ్రంగా స్వచ్ఛంగా ఉన్నప్పుడు "నీల కిరణం" కనిపిస్తుంది. అయితే సాధారణంగా నీల కిరణాలను వాతావరణం చెదరగొట్టడంచేత మనకు ఆకుపచ్చ గీత మాత్రమే — "ఆకుపచ్చ కిరణం" కనిపిస్తుంది. అయితే సర్వసాధారణంగా వాతావరణం "మురికి"గా వుండటంవల్ల సూర్యబింబం అంచున ఏ వర్ణమూ కనిపించక బింబం మట్టుకు ఎర్రగా కనపడుతుంది.

సోవియట్ ఖగోళశాస్త్రవేత్త జి. ఎ. తీహొవ్ "ఆకుపచ్చ కిరణం" గురించి పరిశోధన జరిపి ఆ కిరణాన్ని మనం చూడాలంటే పరిస్థితులెలా వుండాలో వివరించాడు. "అస్తమయ సూర్యబింబం ఎర్రగా వుండి దానివైపు ఉత్తకంటితో చూడడం వీలైనప్పుడు ఆకుపచ్చ కిరణం రాదని రూఢిగా చెప్పవచ్చు." కారణం సులభగ్రాహ్యం: సూర్యబింబం ఎర్రగా కనిపించిందంటే నీల కిరణాలు, ఆకుపచ్చ కిరణాలు గాలిలో చెదరిపోయాయన్నమాటే, అంటే బింబం పై



చిత్రం 119. "ఆకుపచ్చ కిరణం" చాలాసేపు కనిపించింది. కొండల వెనక దాన్ని అయిదు నిమిషాలపాటు చూశారు. (కుడి పక్క ఎగువ) దూర్బిణిలో కనిపించిన "ఆకుపచ్చ కిరణం." సూర్యగోళం వంకర టింకరగా కనిపిస్తుంది. (1) సూర్యకాంతి జాస్తిగా ఉండడంచేత ఆకుపచ్చ అంచును ఉత్తకళ్లతో చూడలేం. (2) దాదాపు సూర్య బింబమంతా అస్తమించినాక "ఆకుపచ్చ కిరణం" ఉత్తకంటికి కూడా కనిపిస్తుంది.

అంచున వుండే రంగులన్నీ మాయమయాయన్నమాట. ''అలాకాక అస్తమించు సూర్యుడు తన మామూలు తెలుపు — పసుపు రంగులో కాంతివంతంగా ప్రకాశిస్తున్నప్పుడు (అంటే కాంతి కిరణాలు గాలిలో చెదిరిపోవటం బహు కొంచెంగా వున్నప్పుడు. — యా.పె.) మూడొంతుల ముప్పాతిక ఆకుపచ్చ కిరణం కనిపించే అవకాశమున్నది. అయితే దిఙ్మండలం ఎగుడు దిగుడుగా ఉండక సరళ రేఖలాగా ఉండాలి. దానిమీద చెట్లు, ఇళ్ళు వుండరాదు. ఇది సముద్రంమీద సాధ్యం. అందుకే నావికులకు ఆకుపచ్చ కిరణం అతి పరిచయం.''

సారాంశం, ''ఆకుపచ్చ కిరణం'' కనిపించాలంటే ఆకాశం నిర్మలంగా వున్న సమయంలో సూర్యుడు అస్తమించటం గాని ఉదయించటం కాని చూడాలి. ఉత్తర ప్రాంతాలలోకన్న దక్షిణ ప్రాంతాలలో దిఙ్మండలం స్వచ్ఛంగా ఉంటుంది కనుక, ''ఆకుపచ్చ కిరణం'' కనిపించే అవకాశం జాస్తి. అయితే మధ్య ప్రాంతాలలో కూడా అది అందరూ అనుకునేటంత అరుదు కాదు — అలాటి భావం జూల్స్ వెర్న్ కలిగించి వుండవచ్చు. శ్రద్ధగా గమనించినట్టయితే ఎప్పుడో ఒకప్పుడు ''ఆకుపచ్చ కిరణం'' కనిపించక పోదు. ఈ ప్రకృతి సౌందర్యాన్ని దూర్బిణితో కూడా చూసే వారున్నారు. ఇద్దరు అల్సేషియన్ నక్షత్రశాస్త్రజ్ఞులు ఆవిధంగా చేసిన గమనికను యీవిధంగా వర్ణించారు:

''సూర్యాస్తమయానికి ఇంకా నిమిషం వ్యవధి వున్నదనగా సూర్యబింబంలో చాలా భాగం యింకా కనిపిస్తుండగానే అలలలాగ కదులుతూన్నప్పటికీ స్పష్టంగా కనిపించే బింబం అంచు వెంబడి ఆకుపచ్చ చార ఏర్పడుతుంది. అయితే బింబం పూర్తిగా అస్తమించిన దాకా అది ఉత్తకంటికి కనిపించదు. బింబం పూర్తిగా అదృశ్యమయినప్పుడే అది కనిపిస్తుంది. కాని నూరింతలు అధికీకరణగల దూర్బిణితో చూసినట్టయితే జరిగే సంఘటనలన్నిటినీ క్రమంలో గమనించవచ్చు: అన్నిటికంటె ఆలస్యంగా, సూర్యాస్తమయానికి 10 నిమిషాలు ఉందనగా బింబానికి ఆకుపచ్చ అంచు ఏర్పడడం గుర్తించవచ్చు. ఇది బింబంయొక్క పై సగాన్ని మాత్రమే చుట్టి వుంటుంది. కింది సగాన్ని ఎర్ర చార చుట్టి వుంటుంది. ఆరంభంలో ఆకుపచ్చ అంచు చాలా కురచగా వుంటుంది (కొద్ది సెకండ్ల కోణం గల చాపము మాత్రమే), బింబం దిగిపోతున్నకొద్దీ చార విస్తరిస్తుంది. చార అప్పుడప్పుడు అరమినిటు కోణం గల చాపం అవుతుంది. సామాన్యంగా యీ చారకెగువగా ఆకుపచ్చ శిఖరాలలాటివి కనిపిస్తాయి. బింబం దిఙ్మండలానికి దిగువగా పోతున్నకొద్దీ యీ శిఖరాలు జరిగి శీర్షాన్ని చేరుకుంటాయి, ఒక్కొక్కసారి యివి బింబంనుంచి విడిపోయి కొద్ది సెకండ్లపాటు ప్రకాశించి క్రమంగా అంతర్ధానమవుతాయి'' (చిత్రం 119).

మామూలుగా యీ దృశ్యం 1, 2 సెకండ్లపాటు వుంటుంది. పరిస్థితులు మరీ అనుకూలంగా వున్నప్పుడు ఇంకా ఎక్కువ సేపు వుండవచ్చు. ఇది అయిదు నిమిషాలకు

పైబడి కనిపించిన సందర్భం ఒకటి రికార్డు అయింది; ఒక వీక్షకుడు దూరాన కొండ వెనక సూర్యుడు అస్తమించగా చూశాడు. అతను వేగంగా నడిచి పోతూంటే ఆకుపచ్చ చార కొండ వెంబడి దిగి వస్తున్నట్టుగా అతనికి కనబడింది (చిత్రం 119).

సూర్యోదయమప్పుడు అనగా సూర్యబింబం దిఙ్మండలం దిగువనుంచి పైకి వస్తూండగా "ఆకుపచ్చ కిరణం" కనిపించిన సందర్భాలు జ్ఞాన బోధకమయినవి. ఎందుకంటే "ఆకుపచ్చ కిరణం" వట్టి భ్రమ అని అస్తమించే సూర్యుడి కేసి అదే పనిగా చూడటంచేత కాంతివంతమైన సూర్యుడివల్ల అలసిన కంటికి దృగ్భ్రమ కలుగుతుందని, అనే ఊహని పూర్వపక్షం చేస్తుంది.

మరొక సంగతి "ఆకుపచ్చ కిరణం" ప్రసరించేది సూర్యుడొకడే కాదు. అస్తమించే శుక్రుడు ప్రసరిస్తాడు.

తొమ్మిదవ అధ్యాయం

ఏకనేత్రదృష్టి, ద్వినేత్రదృష్టి

ఫోటోగ్రఫీ రాక పూర్వం

యీనాడు ఫోటోగ్రఫీ ఎంత సర్వసాధారణ మయిందంటే **కిందటి శతాబ్దిలోనే** వుండిన మన పూర్వీకులు ఫోటోలు లేకుండా ఎలా జరుపుకున్నారా అనిపిస్తుంది. సుమారు నూరేళ్ల క్రితం ఇంగ్లండులో ప్రభుత్వ కార్యాలయాల్లో మనిషియొక్క ప్రతిరూపాన్ని ఎలా సేకరించే వారో "పిక్విక్ పేపర్సు" (*Posthumous Papers of the Pickwick Club*)లో డికెన్సు హాస్యధోరణిలో వర్ణించాడు. పిక్విక్‌ను ఋణగ్రస్తుల జైలుకు తీసుకొని వచ్చి నప్పుడు ఈ సంఘటన జరుగుతుంది.

ఆయనను చిత్తరువు తయారుచేయడానికి కూర్చోమంటారు.

" 'నా చిత్తరువు కోసం కూచోడమా,' ఆశ్చర్యంతో అరిచాడు మిస్టరు పిక్విక్.

" 'మీ బొమ్మ తీసుకుంటామండి,' అన్నాడు లావుపాటి టర్న్‌కీ. 'బొమ్మలాగడంలో మేం సిద్ధ హస్తులం. క్షణంలో పట్టేస్తాం. ఒక్క పిసరు పొరపాటు వుండదు. లోపలికి దయచేసి హాయిగా కూర్చోండి.'

"మిస్టర్ పిక్విక్ ఆహ్వానాన్ని అనుసరించి వచ్చి కూర్చున్నాడు. ఆయన కుర్చీ వెనుక నిలబడిన మిస్టరు వెలర్ యీ కూర్చోపెట్టడం టర్న్‌కీలందరూ వచ్చి చూడడానికి ఒక సాకని ఖైదీలెవరో, చూడవచ్చేవారెవరో స్పష్టంగా తెలియగలందులకిలా చేస్తున్నాడని రహస్యంగా అన్నాడు.

" 'సరే గాని, శామ్, చిత్రకారులు చప్పున వస్తే బాగుండును. యీ చోటు బట్టబయలు లాగా వుంది,' అన్నాడు మిస్టరు పిక్విక్.

" 'త్వరలోనే వచ్చేస్తారులెండి,' అన్నాడు శామ్. 'అది డచ్చి గడియారమండి.'

" 'అలాగే వున్నది,' అన్నాడు మిస్టరు పిక్విక్.

" 'పంజరం కూడానండి,' అన్నాడు శామ్. చక్రాల్లో చక్రాలు, జైల్లో జైలు. కాదండీ?'

"మిస్టర్ వెలర్ యీ మాటలు అంటూండగానే తన చిత్తరువు ఆరంభమయినట్టు మిస్టర్ పిక్విక్ గ్రహించాడు. లావుపాటి టర్న్‌కీ తాళాల బాధ్యతనుండి విముక్తుడయి చతికిలబడి కూచుని మధ్యమధ్య ఆయన కేసి అలక్ష్యంగా చూడసాగాడు. అతని పని పుచ్చుకున్న పొడుగాటి బక్కపలచని వాడు చేతులు వెనక్కు పెట్టుకుని ఆయనకెదురుగా కాలూన్చి నిలబడి ఆయనకేసి దీర్ఘంగా చూశాడు. మూడవ వాడు ముచ్చు మొహం వాడు, టీ సేవించటంలో నిమగ్నుడయి వుండగా పిల్చినట్టున్నాడు. వెన్న నాక్కుంటూ లోపలికి వచ్చాడు. వీరితోబాటు మరిద్దరు కూడా చేరి ఆయన ముఖాన్ని ఎంతో శ్రద్ధగా పరిశీలించారు. ఇదంతా మిస్టరు పిక్విక్‌కు చాలా బాధాకరమయింది. ఆయన కుర్చీలో అతి కష్టంమీద కూర్చున్నట్టు కనిపించాడు. కాని ఆయన ఎవరితోనూ ఏమీ మాట్లాడలేదు. తన కుర్చీ వెనుకభాగాన్ని ఆనుకుని వున్న శామ్‌తో కూడా ఏమీ అనలేదు. శామ్ అలా నిలబడి తన యజమానికి కలిగిన దుస్థితిని గురించి, అక్కడ వున్న టర్న్‌కీలందరినీ చావ చితక కొట్టేయడం చట్టసమ్మతమూ శాంతియుతమూ అయే పక్షంలో అలా చేసినందువల్ల తనకు కలిగే సంతృప్తి గురించి ఆలోచించాడు.

"చిట్టచివరకు ఆ చిత్తరువు పూర్తి అయింది. మిస్టర్ పిక్విక్ తిరిగి జైలులోకి వెళ్లిపోవచ్చునన్నారు."

ఇంకా పాత రోజులలో చిత్తరువుకు ప్రత్యామ్నాయంగా వర్ణనలుండేవి. పూష్కిన్ రచించిన "బోరిస్ గొదునోవ్"లో గ్రిగోరియ్ అత్రేప్యెవ్ జారు చేసిన ప్రకటనలో ఇలా వర్ణించబడ్డాడు. "పొట్టివాడు, విశాలమైన ఛాతి, ఒక చెయ్యి రెండవదానికన్న కురుచ, నీలం కళ్లు, తేలిక ఎరుపు పసుపు రంగు వెంట్రుకలు, దవడమీదా, నుదిరిమీదా ఒక్కొక్క ఉలిపిరకాయ" యీనాడిదంతా అనవసరం. దీనికి మారుగా ఫోటో వుపయోగిస్తాము.

చాలామందికి చేత కానిది

గత శతాబ్దియొక్క ఐదో దశాబ్దిలో రష్యాకు ఫోటోగ్రఫీ వచ్చింది. మొదట డాగెరొటైపు ఫోటోలు, లోహపు పలకలపైన ప్రింటులు (వాటిని సృష్టించిన వాడి పేరు డాగెర్) వచ్చాయి. అది తేలికయిన పద్ధతి కాదు. ఫోటో తీయించుకునేవాడు ఎంతో సేపు అలాగే వుండిపోవలసి వచ్చేది.

లెనిన్‌గ్రాడ్‌కు చెందిన భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు ప్రొఫెసరు బి.పి. వైన్‌బెర్గు నాతో "మా తాత ఒక్క డాగెరొటైపు కోసం కెమేరాముందు 40 నిమిషాలు కూర్చోవలసి వచ్చింది. పైగా ఫోటోకు కాపీలు తీసేందుకు లేదు," అన్నాడు.

అయినప్పటికీ చిత్రకారుడి ప్రమేయం లేకుండా తమ చిత్తరువులు తయారవుతాయన్నది ప్రజలకెంత అద్భుతమయిన విషయంగా కనిపించిందంటే వారు దానికి అలవాటు పడి పోవడానికి చాలా కాలం పట్టింది. 1845 నాటి ఒక రష్యన్ పత్రికలో యీ విషయంమీద ఒక హాస్య సన్నివేశం ప్రకటితమయింది;

"'డాగెరొటైపు' తనంతట తానే పనిచేస్తుందని ఇప్పటికీ అనేకమంది నమ్మ ఇష్టపడకుండా ఉన్నారు. ఒక పెద్దమనిషి తన చిత్తరువు తీయించుకొనటానికి వచ్చాడు. ఫోటోగ్రాఫరు ఆయనను కూర్చోపెట్టి లెన్సు సరిచేసి కెమేరా అమర్చి గడియారం చూసుకుని అవతలకు వెళ్లిపోయాడు. ఫోటోగ్రాఫరు గదిలో ఉన్నంత కాలం పెద్దమనిషి తిష్ఠవేసి కూచు న్నాడు. అతను అలా వెళ్లాడో లేదా పెద్దమనిషికి ఇంక కూర్చోనవసరం లేదనిపించింది. ఆయన లేచి చిటికెడు నశ్యం పీల్చి కెమేరాను అన్ని వేపులనుంచి పరీక్షించాడు. లెన్సులోంచి చూశాడు. తల ఆడించి 'తమాషా వస్తువు!' అని గొణుక్కున్నాడు. గది అంతటా సంచారం సాగించాడు.

"ఫోటోగ్రాఫరు తిరిగి వస్తూ నిర్ఘాంతపోయి ద్వారంవద్దనే ఆగిపోయి,

"'ఏం చేస్తున్నారు? మిమ్మల్ని కూర్చుని ఉండమంటినే' అన్నాడు.

"'కూర్చుంటిని మీరు వెళ్లినాకనే లేచాను.'

"'నేను వెళ్లినప్పడే మీరు కదలకుండా కూర్చుని వుండవలసింది.'

"'ఉత్తపుణ్యానికి కదలకుండా కూర్చోటం దేనికి?' అన్నాడు పెద్దమనిషి."

యీనాడు మనమింత అమాయకంగా వుండం అని మీకనిపించవచ్చు.

అయినప్పటికీ అనేకమందికి ఫోటోగ్రఫీ గురించి అనేక విషయాలు తెలియవు. వుదాహ రణకు ఫోటోను ఎలా చూడాలన్నదీ బహు కొద్దిమందికి తెలుసు. మీరనుకునేరు ఇందులో తెలియడానికి ఏముంది: ఫోటోను చేతిలోకి తీసుకొనేది, చూసేది. కాని ఇదంతా అంత సులభం కాదు: రోజూ జీవితంలో విరివిగా వాడబడుతున్నప్పటికీ మనకి సరిగా వాడడం తెలియని వస్తువుల కోవకి చెందుతుంది ఫోటో. సాధారణ జనం మాట అటుంచి అసలు ఫోటోగ్రఫీలో ఆసక్తి కలవారు అదే వృత్తిగా కలవారు కూడా ఫోటోలను ఏవిధంగా చూడాలో అలా చూడరు. ఫోటోగ్రఫీ కళ సుమారు శతాబ్దంగా పరిపాటి అయినా నిజానికి ఫోటోగ్రాఫులను ఎలా చూడాలి అన్నది చాలామందికి తెలీదు.

ఫోటోగ్రాఫ్‌లను చూసే విధం

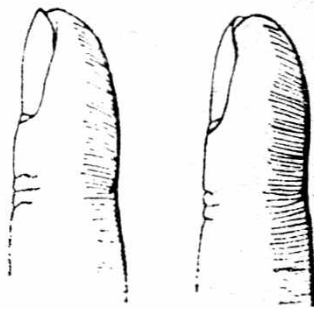
కెమేరా నిర్మాణం ఒక పెద్ద కన్ను నిర్మాణాన్ని పోలినట్టుంది. యీ కెమేరాలోని గరుకు గాజు పలకమీద పడే ప్రతిబింబము వస్తువుకూ, లెన్సుకూ మధ్య వుండే దూరంమీద ఆధారపడుతుంది. కెమేరా లెన్సు స్థానంలో ఒక్క కన్నుండే పక్షంలో ఏ పర్యాలోకము

(పెర్‌స్పెక్టివ్) కనిపిస్తుందో కెమేరా కూడా దాన్నే చూపుతుంది. ఒక్క కన్ను అనేది గుర్తుంచుకోండి. అందుచేత అసలుదృశ్యాన్ని కంటితో చూసినప్పుడు ఏవిధంగా మనసున ముద్రింపబడిందో అదే భావం ఫోటోను చూడడంవల్ల కలగాలీ అంటే మనం తప్పకుండా:

1) ఫోటోను ఒకే కన్నుతో చూడాలి,

2) ఫోటోను కంటికి తగినంత దూరంలో ఉంచాలి.

నిజానికి ఫోటోను రెండు కళ్లతో చూసినప్పుడు పరిచిన బొమ్మలాగే వుండి తీరాలి కాని లోతుగల బొమ్మలాగ కనిపించదు. ఇది సులభగ్రాహ్యం. మన దృష్టియొక్క ప్రత్యేకతే దీనికి కారణం. ఒక (ఘనంగల) వస్తువును మనం చూసినప్పుడు, రెండు కళ్లరెటినాలమీద పడే దాని బింబాలు ఒకటిగా వుండవు: కుడి కంటికి ఎలా కనిపిస్తుందో ఎడమ కంటికి అలా కనిపించదు (చిత్రం 120). ప్రధానంగా యీ కారణంచేతనే మనకు వస్తువుల మందం తెలుస్తుంది. — స్టీరియోస్కోపు యీ సూత్రంమీదనే ఆధార పడుతుంది. రెండు కళ్ళూ చూసే వేరువేరు బింబాలను మెదడు ఏకం చేసి వస్తువును ''రిలీఫ్''లో కనబడేలాగు చేస్తుంది. అలా కాక మనం చదునుగా వుండే గోడలాటి దానికేసి చూసినప్పుడు రెండు కళ్లకు ఒకే బొమ్మ కని పిస్తుంది. దీనివల్ల మన కళ్లయెదుట ఉన్నది చదునుగా వున్నదని అందులో ''రిలీఫ్'' లేదని, మెదడుకు భావం కలుగుతుంది.



చిత్రం 120. వేలును ముఖానికి దగ్గరగా పట్టు కున్నప్పుడు ఎడమ కంటికీ, కుడి కంటికీ, వేరువేరుగా ఇలా కనిపిస్తుంది.

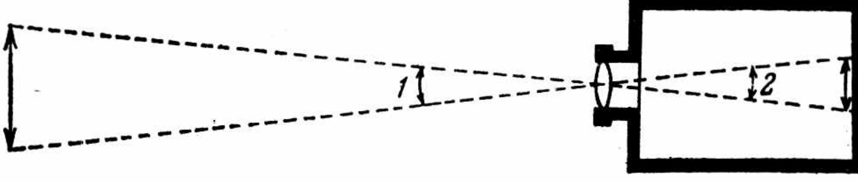
ఫోటోలను రెండు కళ్లతో చూడడంలో గల తప్పేమిటో మీరిప్పుడు గ్రహించవచ్చు. ఇలా చూడటంవల్ల మన కళ్ల ఎదుట వున్నది చదునైనదని మనం కనిపెట్టుకుని తెలుసు కోవడం జరుగుతుంది. ఒక కన్నుతో చూడవలసిన దృశ్యాన్ని రెండు కళ్లతో చూడడంవల్ల ఫోటోలో ఉన్న వాస్తవ దృశ్యాన్ని మనం చూడలేకపోతాం, కెమేరా అద్భుతంగా సృష్టించే భ్రమ కాస్తా భగ్నమైపోతుంది.

ఫోటోను ఎంత దూరంనుంచి చూడాలి?

నేను చెప్పిన రెండో నియమం — ఫోటోను తగిన దూరంలో ఉంచి చూడడం — కూడా ముఖ్యమైనదే. లేకపోతే సరి అయిన పర్యాలోకం (పెర్‌స్పెక్టివ్) ఉండదు.

ఫోటోను మనం ఎంత దూరాన పట్టుకుని చూడాలి?

బొమ్మను మన మెదడుపై సరిగా సృష్టించాలంటే, గరుకు గాజు పలకపై పడిన బింబాన్ని కెమేరా లెన్సు ఏ కోణంలో "చూసిందో" లేక అసలు వస్తువు ఏ కోణంలో "చూసిందో" (ఈ రెండు కోణాలు ఒకటే) అదే దృక్కోణంలో మనం ఫోటోను చూడాలి



చిత్రం 121. కెమేరాలో కోణాలు 1, 2 ఒకదానికొకటి సమానం.

(చిత్రం 121). కనుక మనం ఫోటోను ఎంత దూరంనుంచి చూడాలంటే, అసలు వస్తువులో ఫోటో ఎన్నో వంతో, లెన్సుకీ వస్తువుకీ వున్న దూరంలో అన్నో వంతు దూరాన్నుంచి చూడాలి. ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే, సుమారు కెమేరా లెన్సుయొక్క నాభ్యంతరం అంత ఉండే దూరంనుంచి ఫోటోను చూడాలి. [ఇది కాంటాక్ట్ ప్రింటులకే వర్తిస్తుంది కాని ఎన్‌లార్జిమెంటులకు వర్తించదు. — అను.]

సాధారణంగా కెమేరాల లెన్సుల నాభ్యంతరం 12–15 సెం.మీ. ఉంటుంది గనక,* కన్ను మామూలుగా బాగా చూసే దూరం దీనికి దాదాపు రెట్టింపు (22 సెం.మీ.). గనుక మనం ఫోటోలను చూడవలసిన దూరంనుంచి చూడడం ఎన్నటికీ సాధ్యంకాదు. గోడమీద తగిలించిన ఫోటోను మరీ హెచ్చు దూరంనుంచి చూస్తాం గనక, అది కూడా పరుచుకున్నట్టే ఉంటుంది.

అంటే హ్రస్వ దృష్టి కలవారు, (చాలా దగ్గరనుంచి కూడా చూసే నేత్రపాటవం కల పిల్లలూ) మాత్రమే సరిగా చూడడంవల్ల ఫోటోగ్రాఫు కలుగచేసే ఆనందాన్ని పొందగలరు. 12–15 సెం.మీ. దూరంనుంచి ఒంటి కంటితో చూసినప్పుడు వాటిలోని దృశ్యాలు పరుచుకున్నట్టుకాక, ముందుభాగం వెనుకభాగంనుంచి వేరుపడి స్టీరియోస్కోపులో నుంచి చూసినట్టుగా "రిలీఫ్"లో కనిపిస్తాయి.

తెలియనితనం వల్లనే సాధారణంగా మనం ఫోటోలను చూసి తగినంత ఆనందం పొంద లేకపోతామనీ, అవి నిర్జీవంగా ఉంటాయని ఆక్షేపిస్తామని మీరిప్పుడు ఒప్పుకుంటా రనుకుంటాను. కారణం ఏమిటంటే మనం మన కన్నును ఫోటోనుంచి తగిన దూరంలో ఉంచం, అంతేకాక ఒకే కన్నుతో చూడవలసినదాన్ని రెండు కళ్లతో చూస్తాం.

---

* ఈ పుస్తకం వ్రాయబడిన కాలానికి ఉన్న కెమేరాలు దృష్టిలో పెట్టుకొని. — సం.

భూతద్దంతో చూస్తే

హ్రస్వ దృష్టిగలవారు మామూలు ఫోటోలను "రిలీఫ్"లో చూడగలరు. మామూలు దృష్టిగలవారేం చెయ్యాలి? వారు ఫోటోను కంటికి అతి దగ్గరగా తెచ్చుకోలేరు, కాని వారికి భూతద్దం తోడ్పడుతుంది. రెట్టింపుగా చేయగల భూతద్దం సహాయంతో మామూలు దృష్టిగలవారు కూడా ఫోటోలను హ్రస్వ దృష్టిగలవారికున్న లాభాలు పొందగలుగుతారు. అంటే కంటికి శ్రమ లేకుండా ఫోటోను "రిలీఫ్"లో చూడగలుగుతారు. ఈవిధంగా చూడగా వచ్చిన భావానికీ రెండు కళ్లతో దూరంనుంచి చూడగా వచ్చిన భావానికీ ఎంతో తేడా. ఇంచుమించు స్టీరియోస్కోపులో చూచినట్టే ఉంటుంది.

భూతద్దంలోనుంచి ఒక్క కంటితో చూస్తే ఫోటోలు మంచి రిలీఫ్‌లో కనిపించే సంగతి ఇప్పుడు అర్థమవుతుంది. ఈ సంగతి అందరికీ సాధారణంగా తెలిసినదే. కాని అలా ఎందుకు జరుగుతుందో సరిగా వివరించినవారు అరుదు. ఈ సందర్భంలో ఈ గ్రంథాన్ని సమీక్షించిన వారొకరు నాకిలా వ్రాశారు:

"భూతద్దంతో చూస్తే ఫోటోలు రిలీఫ్‌లో ఎందుకు కనిపిస్తాయో ఈ పుస్తకం మలిముద్రణంలో వివరించండి. స్టీరియోస్కోపు గురించి చెప్పే దీర్ఘమైన వివరాలకేమీ ఆధారం లేదని నా వాదన. సిద్ధాంతాలన్నీ అవతల ఉంచి స్టీరియోస్కోపులోనుంచి ఒక కన్నుతోనే చూడండి, బొమ్మ రిలీఫ్‌లో కనబడి తీరుతుంది."

ఈ మాటలవల్ల స్టీరియోస్కోపు సిద్ధాంతంకేమీ మార్పు ఉండబోదని పాఠకులకు ఇప్పుడు అర్థం అయింది.

"పెనోరమా"లనబడే బొమ్మలతో చూస్తే కలిగే తమాషా అయిన ఫలితానికి కూడా కారణం ఇదే సూత్రం. ఈ "పెనోరమా"లు చిన్న పెట్టెలలాగ ఉంటాయి. వాటిలో ఉండే భూతద్దంద్వారా ఒక కంటితో ప్రకృతి దృశ్యాలుగాని, మనుషుల "గ్రూపు"లుగాని చూస్తాం. ఇలా చేస్తే చాలు ఫోటోకి రిలీఫ్ రావడానికి. దృశ్యానికి చెందిన సమీప వస్తువుల బొమ్మలను కత్తిరించి ఫోటోకు కొంచెం ముందుగా ఉంచి చూస్తే ఈ "ఎఫెక్టు" మరింత జాస్తీగా ఉంటుంది. మన కన్ను సమీప వస్తువుల రిలీఫ్‌ని బాగా పసికట్టగలదు, దూరపు వస్తువుల విషయంలో దానికా శక్తి అంతగా ఉండదు.

ఫోటోలను పెద్దవి చేయుట

భూతద్దం సహాయం లేకుండా మనం ఫోటోలను మా మూ లు దృష్టిగలవారికి తగిన విధంగా కనిపించేలాగు చేయగలమా? దీర్ఘమైన నాభ్యంతరం గల లెన్సులతో కూడిన

కెమేరాలు ఉపయోగించి యీ పని సాధించవచ్చు. 25 – 30 సెం.మీ. నాభ్యంతరం గల లెన్సుతో కూడిన కెమేరాతో తీసిన ఫోటోలు మామూలు దూరంనుంచి ఒక కన్నుతో చూస్తే రిలీఫ్‌లో కనిపిస్తాయని మీకిదివరకే తెలుసు.

ఎక్కువ దూరంనుంచి రెండు కళ్లతో చూసినప్పటికీ పరుచుకున్నట్టు కనిపించని ఫోటోలు కూడా తీయవచ్చు. ఒక దృశ్యంయొక్క బింబాలు రెండు కళ్లలోను ఒకేవిధమైనవి పడినప్పుడు మెదడు వాటిని ఏకంచేయగా దృశ్యం పరుచుకున్నట్టు కనిపిస్తుందని కూడా మనకు తెలుసు. అయితే దూరం హెచ్చినకొద్దీ ఇలా చేసే శక్తి మెదడుకు తగ్గిపోతుంది. 70 సెం.మీ. నాభ్యంతరం కల లెన్సుతో తీసిన ఫోటోలను రెండు కళ్లతో చూసినప్పటికీ పర్యాలోకం పోదు ("లోతు" కనిపిస్తుంది).

దీర్ఘ నాభ్యంతరం గల లెన్సులను ఉపయోగించడం అసౌకర్యం గనుక, మరొక ఉపాయం చెబుతాను; మామూలు కెమేరాతో తీసిన ఫోటోలను ఎన్‌లార్జి చేయటమే ఆ ఉపాయం. ఈవిధమైన అధికీకరణవల్ల ఫోటోను సరిగా చూడవలసిన దూరం కూడా అధికం అవుతుంది. 15 సెం.మీ. లెన్సుతో తీసిన ఫోటోను నాలుగైదు రెట్లు ఎన్‌లార్జి చేసినట్టయితే దాన్ని 60 — 75 సెం.మీ. దూరంనుంచి రెండు కళ్లతోనూ చూడవచ్చు. బొమ్మ అంత స్ఫుటంగా లేకపోవచ్చు, గాని ఈ సంగతి అంత దూరంనుంచి చూసేటప్పుడంతగా తెలియరాదు; కాని పర్యాలోకం విషయంలో, రిలీఫ్ విషయంలో ఎన్‌లార్జి చేసిన ఫోటో తప్పకుండ మేలు.

సినిమాహాలులో అత్యుత్తమమైన సీటు

సినిమాలు చూసేవారికి కొన్ని చిత్రాలు మంచి రిలీఫ్‌లో కనిపించినట్టు తోస్తుంది. మనిషి బొమ్మలు వెనకనున్న దృశ్యంనుంచి ఎంతో ముందుకు వచ్చి మందంగలవై, ప్రకృతి దృశ్యాలు, నటులు వాస్తవంగా కళ్ల ఎదుట ఉన్నట్టు భావన కలుగుతుంది. తెర ఉన్న సంగతే మర్చిపోతాం.

బొమ్మలకుండే ఆ రిలీఫ్‌కి కారణం ఫిల్మ్ బాగుండడమేనని చాలామంది అనుకునేది సరి కాదు, మీరు కూర్చున్న చోటు కారణం. సినిమా చిత్రాలు తీసే కెమేరా లెన్సులు అతి హ్రస్వమైన నాభ్యంతరం కలవి అయినప్పటికీ తెరమీది బొమ్మ నూరింతలు పెద్దగా ఉంటుంది; వాటిని దూరంనుంచే రెండు కళ్లతోనూ చూడవచ్చు. (10 సెం.మీ. × 100=10 మీ.) షూటింగు జరిగేటప్పుడు సినీ కెమేరా అసలు

దృశ్యాన్ని ఏ కోణంలో "చూసిందో" అదే కోణంలో బొమ్మ కనిపించేలాగు కూర్చుంటే రిలీఫ్ అత్యధికంగా ఉంటుంది. అప్పుడు మన ముందు నిజమైన పర్యాలోకం ఉంటుంది.

అలాటి ఉత్తమమైన కోణంలో చూడాలంటే ఎంత దూరాన కూర్చోవాలో కనుక్కోవడమెలా? మొదటి సంగతి, స్క్రీనుయొక్క నడిభాగానికి ఎదురుగా కూర్చోవాలి. ఇక కూర్చోవలసిన దూరం — ఫిల్మ్ వెడల్పుకు సినీ కెమేరా లెన్సుయొక్క నాభ్యంతరం ఎన్ని రెట్లో తెరయొక్క వెడల్పుకు కూర్చునే దూరం అన్ని రెట్లుండాలి.

సినీ కెమేరాలకు సందర్భానుసారముగా 35 మి.మీ., 50 మి.మీ., 75 మి.మీ., 100 మి.మీ. నాభ్యంతరం గల లెన్సులను ఉపయోగిస్తారు. సినీ ఫిల్ముయొక్క వెడల్పు సాధారణంగా 24 మి.మీ. కెమేరా లెన్సుయొక్క నాభ్యంతరం 75 మి.మీ. అనుకున్నట్టయితే

$$\frac{\text{కావలసిన దూరం}}{\text{తెరమీది బొమ్మ వెడల్పు}} = \frac{\text{నాభ్యంతరం}}{\text{ఫిల్ము వెడల్పు}} = \frac{75}{24} \approx 3.$$

ఈ సందర్భంలో తెరనుంచి ఎంత దూరంలో కూర్చోవాలో నిర్ణయించాలంటే, తెరమీద పడే బొమ్మయొక్క వెడల్పును — మూడు పెట్లు హెచ్చించాలి. తెరవెడల్పు ఆరు అంగలయినట్టయితే, తెరకు 18 అంగల దూరంలో కూర్చుంటే బొమ్మ బాగా కనబడుతుంది.

స్టీరియోస్కోపు దృశ్యాలు కనిపిస్తాయని రకరకాల యుక్తులు ప్రయోగించే సందర్భాలలో ఈ విషయం జ్ఞాపకం ఉంచుకోండి. యెందుకంటే పరిస్థితుల ప్రభావాన్ని సాధనాలకు అంటకట్టడం జరగవచ్చు.

బొమ్మల పత్రికలు చూసేవారికి

చిన్న సలహా

పుస్తకాలలోను, పత్రికలలోను వేసే చిత్రాలను ఫోటోలనుంచే తయారు చేస్తారు, అందుచేత ఆ ఫోటోల గుణాలే ఈ చిత్రాలకు ఉంటాయి; అవి కూడా ఒకే కంటితో తగిన దూరంనుంచి చూస్తే మంచి రిలీఫ్‌లో కనిపిస్తాయి. అయితే ఏ ఫోటోను ఏ రకం లెన్సుతో తీసినదీ తెలియదు. గనక ఏ చిత్రాన్ని ఎంత దూరంనుంచి చూడవలసినదీ ప్రయోగం చేసి చూసుకోవాలి. ఒక కన్ను మూసిపెట్టి బొమ్మను చేయి చాచి పట్టుకుని క్రమంగా కంటికేసి తీసుకురండి. బొమ్మయొక్క తలం దృష్టి కిరణానికి లంబంలో ఉండాలి, కన్ను బొమ్మయొక్క నడిభాగానికి సూటిగా ఉండాలి. బొమ్మ ఒక దూరంలోకి రాగానే స్పష్టమయిన రిలీఫ్‌లో కనిపిస్తుంది.

అనేక బొమ్మలు మామూలుగా చూస్తే అస్పష్టంగాను చదునుగాను కనిపించినవి పైన చెప్పినట్టు చూడగానే ఎంతో స్ఫుటంగాను, మంచి ''లోతు'' కలిగి కనిపిస్తాయి. నీటియొక్క తళతళలాటి స్టీరియోస్కోపు లక్షణాలు కూడా కనబడే అవకాశం ఉన్నది.

ఇలాటి స్వల్ప విషయాలు ఏభై ఏళ్ల క్రితమే జనసామాన్యంకోసం రచించిన విజ్ఞాన గ్రంథాలలో నివరించబడినప్పటికీ బహుకొద్దిమందికే తెలియడం ఆశ్చర్యకరం. అమెరికన్ మనస్తత్వవేత్త విలియం కార్పెంటర్ తాను రచించిన మనోవైజ్ఞానిక గ్రంథంలో* ఫోటోలను ఎలా చూడాలన్నదాన్ని గురించి ఇలా చెప్పాడు:

''ఈవిధంగా ఫోటోలను చూడడంవల్ల వస్తువుల ఘనం వ్యక్తం కావడమే కాక భ్రమకి తోడు వాస్తవాన్ని స్ఫురింపజేసే అసమానమైన జీవకళని తీసుకువచ్చే అనేక లక్షణాలు కూడా ద్యోతకమవుతాయి. ముఖ్యంగా నిశ్చలంగా ఉండే నీరు విషయంలో ఇది స్పష్టమవుతుంది. సాధారణంగా ఫోటోలలో అసంతృప్తికరంగా కనిపించేది కూడా ఇదే. రెండు కళ్లతోను చూసినప్పుడు నీరుయొక్క పైభాగం అపారదర్శకంగా తెల్లని మైనంవలె కనిపిస్తుంది. అదే ఒక కంటితో చూస్తే దాని లోతు, పారదర్శకత్వం అద్భుతంగా కనిపిస్తాయి. కాంతిని ప్రతిఫలించే కంచు, దంతంలాటి వస్తువుల ఉపరితలాలు కూడా ఇంతే. ఆ వస్తువులు ఏ పదార్థాలతో చేసినవో ఒక్క కంటితో చూసినప్పుడు రెండు కళ్లతో చూసినకంటే అతి తేలిగ్గా తెలుస్తుంది.''

మనం గుర్తుంచుకోవలసిన విషయం మరొకటుంది. ఫోటో ఎన్‌లార్జిమెంట్లు హెచ్చు జీవకళతో ఉంటాయి. చిన్నవి చేసిన ఫోటోలు ఈ విషయంలో వెనుకాడుతాయి. ఈ సంగతి మనం తెలుసుకుందాం. నిజానికి చిన్న ఫోటోలు ఎక్కువ నిశితంగా స్పష్టంగా ఉంటాయి. కాని అవి పరుచుకున్నట్టు ఉండి లోతూ, రిలీఫూ కలిగి ఉండవు. పై వివరాల తర్వాత కారణం అర్థం అవాలి: ఫోటో చిన్నది చేయడంతోపాటు అసలే తక్కువగా ఉండే ఫోటోను చూడవలసిన సరియైన దూరం కూడా మరింత కురచ అవుతుంది.

చిత్తరువులను చూసేవిధం

ఫోటోలను గురించి నేను చెప్పిన విషయం కొంతవరకు చిత్రకారుని చేతితో సృష్టింపబడిన చిత్తరువులకు (పెయింటింగులకు) కూడా వర్తిస్తుంది. వాటిని కూడా సరి అయిన దూరంలో

---

* W. Carpenter, *Principles of Mental Psychology, with Their Application to the Training and Discipline of the Mind, and the Study of its Morbid Conditions.*

ఉంచి చూస్తేనే అవి పరుచుకున్నట్టుగా కాక లోతు, రిలీఫ్ కలిగి చాలా బాగా కనిపిస్తాయి. వాటిని కూడా ముఖ్యంగా చిన్నవైనప్పుడు ఒక్క కంటితోనే చూడడం మంచిది.

పైన చెప్పిన పుస్తకంలోనే ఈ విషయం గురించి కార్పెంటరు ఇలా చెప్పాడు: ''పర్యాలోకములోను కాంతి నీడలలోను ఇతర వివరాలలోను వాస్తవంగా ఉండే చిత్తరువును నిదానించి చూసేటప్పుడు రెండు కళ్ళూ ఉపయోగించేకన్న ఒక్క కన్ను ఉపయోగిస్తే బొమ్మ మరింత సజీవంగా కనిపిస్తుంది. దీనికితోడు చిత్తరువుయొక్క పరిసరాలు కనబడకుండా అనువైన పరిమాణాలు గల గొట్టంలోనుంచి చూసినట్టయితే మరింత జీవకళ ఉట్టిపడుతుంది. ఇందుకు కొందరు తప్పు వ్యాఖ్యానాలు చెప్పేవారు. 'జీవశక్తి ఒకే చోట కేంద్రీకృతమయి ఎక్కువ బలంగా పనిచేస్తుంది కనక, మనం రెండు కళ్లతోకన్న ఒంటి కంటితో చూస్తే మరింత బాగా కనబడుతుంది' అని లార్డ్ బేకన్ అన్నాడు. ఒంటి కన్నుతో చూసినప్పుడు దృశ్శక్తి మరింత బలంగా ఉంటుందని ఇతర రచయితలు బేకన్ భావాన్నే వేరు మాటలలో చెప్పారు.

''కాని అసలు సంగతేమంటే మనం కొద్ది దూరంనుంచి ఒక బొమ్మను రెండు కళ్లతోను చూసినప్పుడు అది చదునైనదని గుర్తించక తప్పదు. అదే ఒక కన్నుతో చూసేటప్పుడు బొమ్మలో కనిపించే పర్యాలోకం, వెలుగు, నీడలు మొదలైనవి రేకెత్తించే భావాలు మనస్సుపై స్వేచ్ఛగా పనిచేస్తాయి. అందుచేత బొమ్మకేసి కొంత సేపు చూసేసరికి అందులో రిలీఫ్ కనబడి వాస్తవ దృశ్యమే కళ్ల ఎదుట ఉన్న భావం కలగవచ్చు. వస్తువుల సరి అయిన విక్షేపము (ప్రొజెక్షను) సమతలంమీద ఎంతవరకు యథార్థంగా చిత్రింపబడింది అన్న విషయంపై చిత్తరువు కలిగించే భ్రాంతి పరిపక్వత ఆధారపడి ఉంటుంది. ఇటువంటి సందర్భాలలో ఒక కంటితో చూడడంవల్ల లాభం ఏమిటంటే చిత్రం సమతలముమీదది అనే భావాన్ని బలాత్కారంగా కలుగచేసే అడ్డంకులు లేకుండా తన ఇష్టానుసారంగా చిత్రాన్ని అర్థంచేసుకొనే స్వేచ్ఛ మన మెదడుకు ఉంటుంది.''

పెద్దపెద్ద పెయింటింగులకు తీసిన చిన్న ప్రమాణంగల ఫోటోలలో అసలు వాటిలోకంటె తరచు హెచ్చు రిలీఫ్ ఉన్నట్టు భ్రమ కలుగుతుంది. దీనికి కారణమేమంటే వీటిని అసలు పెయింటింగులు చూసినంత హెచ్చు దూరంనుంచి చూడనవసరం ఉండదు. అందుచేత ఫోటోగ్రాఫులో తక్కువ దూరంలోనే ఎక్కువ రిలీఫ్ కనిపిస్తుంది.

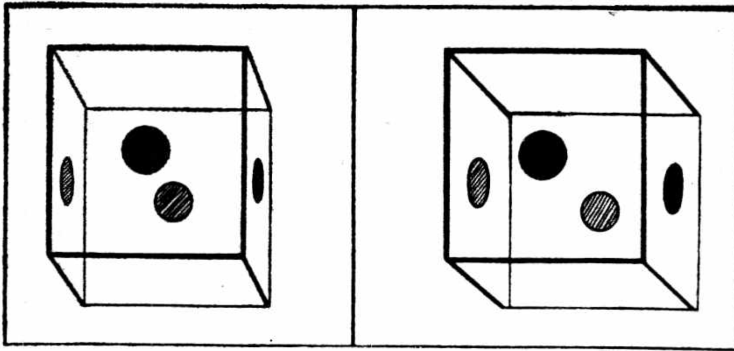
స్టీరియోస్కోపు (ఘనచిత్ర దర్శకము)

చిత్తరువులను వదలి ఘన వస్తువులకి వస్తూ ఒక ప్రశ్న వేసుకుందాం: మనకు ఘన వస్తువులన్నీ రెండు కొలతలలో గాక మూడు కొలతలలో ఎందుకు కనిపిస్తాయి? మన

అక్షిపటలంమీద పడే బింబం రెండు కొలతలు గలదే కదా. అలాటప్పుడు మనకు వస్తువులు సమతల బింబాలుగా కాక మూడు కొలతలు కలవాటిగా ఎలా కనిపిస్తాయి?

దీనికి చాలా కారణాలున్నాయి. ఒకటి: వస్తువుల అన్ని పక్కలా కాంతి ఒకే విధంగా పడదు. అందుచేత వాటి ఆకారం బాగా స్పష్టమవుతుంది. రెండు: కంటినుంచి వేర్వేరు దూరాలలో గల వస్తువుభాగాలను స్పష్టంగా చూడ్డానికి కన్ను చేసే శ్రమ ఫలితం కొంత ఉంటుంది: ఘన వస్తువు తాలూకు అన్ని భాగాలు మన కంటికి ఒకే దూరంలో ఉండవు. అలాటి వాటిని స్పష్టంగా చూడ్డానికి కన్ను ఒకే విధంగా "సర్దుకుంటే" కుదరదు. మూడు: ఇదే అన్నిటికన్న ముఖ్యమైనది – రెండు నేత్రపటాలు పైనా పడే బింబాలు ఒకే వస్తువువి అయినా ఒకటిగా ఉండవు. ఏ వస్తువునయినా సమీపంనుంచి చూస్తూ కుడి కన్నూ ఎడమ కన్నూ ఒకదాని తరవాత ఒకటి మూసి చూసినట్టయితే ఈ విషయం స్పష్టమవుతుంది. కుడి కన్ను, ఎడమ కన్ను వస్తువును ఒకే విధంగా చూడవు. రెండిట్లో రెండు రకాల బింబాలు చిత్రింపబడతాయి. ఈ తేడాలే మన ఇంద్రియజ్ఞానంచేత గ్రహింపబడి వస్తువు ఘనంకలది అనే భావాన్ని కలిగిస్తుంది (చిత్రాలు 120, 122).

ఒక వస్తువు ఎడమ కంటికి కనిపించినట్టుగాను కుడి కంటికి కనిపించినట్టుగాను రేఖా చిత్రాలు రెండు ఊహించుకోండి. ఏ కంటి చిత్రం ఆ కంటికి మాత్రమే కనిపించేటట్టుగా ఈ రెండు చిత్రాలను చూడగలిగితే రెండు పరుచుకున్న చిత్రాలకు బదులు ఒక నిండైన వస్తువు రిలీఫ్‌లో కనపడుతుంది. ఒక ఘనంగల వస్తువును ఒంటి కంటితో చూసినా కూడా కనిపించనంత రిలీఫ్ ఈ రేఖా చిత్రంలో కానవస్తుంది. [ఉదాహరణకు చిత్రం 122లో రెండు రేఖా చిత్రాలకు మధ్య నిలువుగా ఒక పలచని అట్ట నిలపెట్టి ఆ అట్ట పైభాగాన ముఖం పెట్టి ఎడమ పక్క బొమ్మ ఎడమ కంటికి కుడి బొమ్మ కుడి కంటికి



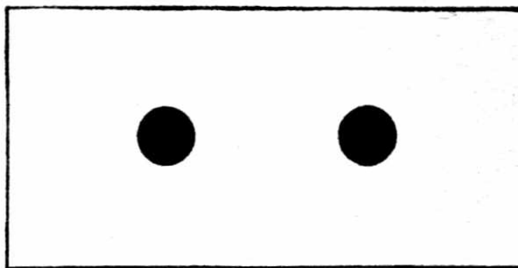
చిత్రం 122. చుక్కలుగల గాజు దిమ్మె; ఎడమ కంటికి, కుడి కంటికి వేరువేరుగా ఇలా కనిపిస్తుంది.

మాత్రమే కనిపించేలాగు చూసినట్టయితే గాజు దిమ్మె స్పష్టంగా రిలీఫ్‌లో కనిపిస్తుంది. కుడి బొమ్మలో మధ్య ఉండే చుక్కల మధ్యగల "దూరం" తెలియదు. కాని రెండు బొమ్మలూ కలిసినప్పుడు ఆ చుక్కల మధ్య దిమ్మెయొక్క మందమంత "దూరం" ఉండడం స్పష్టంగా తెలియవస్తుంది. — అను.] ఇలాటి జంటబొమ్మలను చూడటానికి స్టీరియోస్కోపు అనే ప్రత్యేక సాధనం ఉన్నది. రెండు బొమ్మలనూ ఏకం చెయ్యడానికి పాతకాలపు స్టీరియో స్కోపులలో అద్దాలు ఉపయోగించేవారు. తరువాత వచ్చిన వాటిలో కుంభాకార ప్రిజములు ఉపయోగిస్తున్నారు. (ప్రిజములు కుంభాకారము కలవి కనుక, బొమ్మలు కొంచెం పెద్దవిగా కనిపిస్తాయి). జంటబొమ్మలనుంచి వచ్చే కాంతి వక్రీభవనం పొంది బొమ్మలు ఏకీభవం పొందినట్టుగా కనపడుతుంది. స్టీరియోస్కోపుకు గల మూల సూత్రం అతి సూక్ష్మమైనది. అందుచేత దాని ప్రభావం మరింత అద్భుత మనిపిస్తుంది.

మీలో చాలామంది సీనరీలు మొదలయిన అనేక రకాల స్టీరియోస్కోపు చిత్రాలు చూసి ఉంటారనుకుంటాను. కొందరు స్టీరియోమెట్రి సులువుగా నేర్చుకోవడానికి గాను డ్రాఫ్టులు చూడడానికి స్టీరియోస్కోపును ఉపయోగించి ఉండవచ్చు. స్టీరియోస్కోపుయొక్క అందరికీ తెలిసిన ఈ ఉపయోగాలను కాక మీలో చాలామందికి తెలియని కొన్నిటిని వివరిస్తాను.

ద్వినేత్ర దృష్టి

స్టీరియోస్కోపు చిత్రాలను చూడడానికే సాధనం నిజానికి అవసరం లేదు. తగిన విధంలో సాధకం చేసినట్టయితే ఉత్తకళ్లతోనే స్టీరియోస్కోపుతో చూచిన ఫలితాన్ని సాధించ వచ్చు. అయితే బొమ్మలు పెద్దవిగా కనపడవు — స్టీరియోస్కోపులో పెద్దవిగా కనిపిస్తాయి. స్టీరియోస్కోపు సృష్టించిన వీట్‌స్టోన్ ఈ మామూలు పద్ధతినే ఉపయోగించుకున్నాడు.



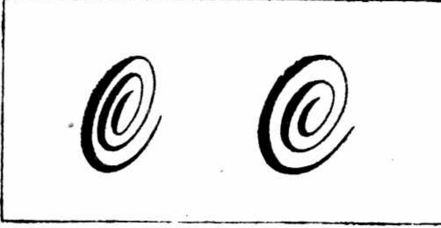
చిత్రం 123. రెండు చుక్కల మధ్య కొన్ని సెకండ్లపాటు తేరిచూస్తే చుక్కలు ఏకమయి నట్టు కనిపిస్తాయి.

ఇక్కడ చూపిన రేఖా చిత్రాలన్నీ స్టీరియోస్కోపు చిత్రాలే. ఒకదానికంటె మరొకటి కాస్త హెచ్చు క్లిష్టంగా ఉంటుంది. వీటిని స్టీరియోస్కోపు

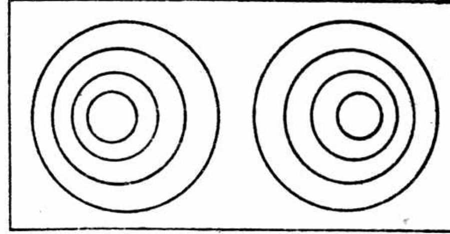
ఉపయోగించకుండా కలిపి చూడడానికి యత్నించండి. జ్ఞాపకం ఉంచుకోండి, ఫలితం కలగాలంటే యత్నం బాగా చెయ్యాలి.*

చిత్రం 123తో ప్రారంభించండి. ఇందులో రెండు నల్లని చుక్కలున్నాయి. మీ దృష్టిని రెండు చుక్కల మధ్యగా వాటి వెనకగా ఉండే ప్రాంతంలో కేంద్రీకరించ యత్నిస్తూ కొన్ని సెకండ్లపాటు దృష్టి మార్చకుండా చూడండి. త్వరలోనే మీకు ఆ రెండు చుక్కలూ నాలుగుగా కనిపిస్తాయి. తర్వాత వెలపలి రెండు చుక్కలూ ఎడంగా పోయి మధ్య ఉండే రెండు చుక్కలూ ఒకటిగా కలుస్తాయి. చిత్రాలు 124, 125లతో కూడా ఇలాగే చెయ్యండి. 125వ చిత్రంలో రెండూ ఒకటిగా కలిసే క్షణంలో అతి దీర్ఘమైన గొట్టంలోపలికి చూస్తున్నట్టు భావన కలుగుతుంది.

ఇది సాధించిన తర్వాత చిత్రం 126లో చూడండి, ఇందులోని వివిధ క్షేత్రగణిత వస్తువులు గాలిలో తేలి ఉన్నట్టుగా కనిపిస్తాయి. చిత్రం 127లో రాతిభవనపు పొడుగైన నడవ కాని సొరంగం కాని కనిపిస్తుంది. చిత్రం 128లో అక్వేరియంలోని గాజు తొట్టి పారదర్శకంగా కనిపించే భ్రమను కనుల విందుగా తిలకించండి, చిత్రం 129లో మీ ముందు సముద్ర దృశ్యం అవతరిస్తుంది.



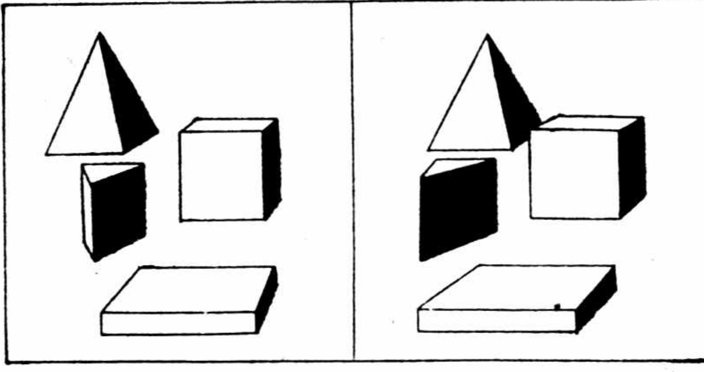
చిత్రం 124. దీన్ని కూడా అలాగే చూసి పక్క బొమ్మకేసి తిరగండి.



చిత్రం 125. ఈ రెండు బొమ్మలూ పై విధంగానే చూస్తే అవి ఏకమయిన తర్వాత చాలా పొడుగైన గొట్టం లోపల చూసినట్టు తోస్తుంది.

---

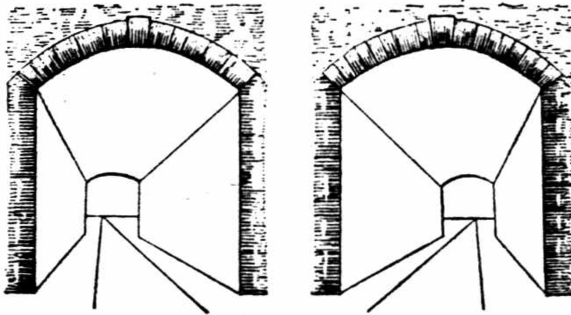
*గమనిక: స్టీరియోస్కోపు ఉపయోగించి కూడా అందరూ స్టీరియోస్కోపు చూపు చూడలేరు. మెల్లకన్నుకలవారు, ఒకే కన్ను ఉపయోగించి పని చెయ్యడానికి అలవాటుపడ్డవారు దీన్ని సాధించలేరు. మరి కొందరు చాలా శ్రమ పడితేనే కాని ఉత్తకళ్లతో జంటబొమ్మలను కలిపి చూడలేకపోవచ్చు. యువకులు ఒక పావుగంట సేపు కష్టపడితే సులువుగా ఫలితం పొందగలుగుతారు.



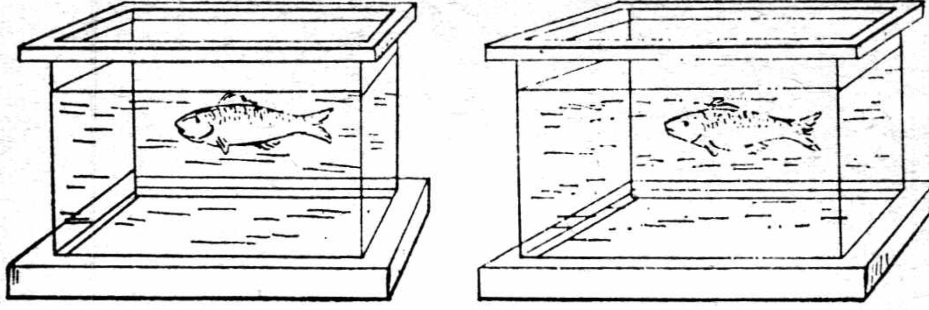
చిత్రం 126. ఈ నాలుగు రేఖా గణితాకార వస్తువులను కలిపి చూస్తే అవి గాలిలో తేలుతున్నట్టుంటాయి.

ఈవిధంగా ఏ పరికరం లేకుండా జంటబొమ్మలను చూడడం ఏమంత కష్టంకాదు. నా మిత్రులు చాలామంది ఈ జంటబొమ్మలను కలిపి చూడడం కొద్ది ప్రయత్నాల అనంతరం సులువుగా నేర్చుకున్నారు. కళ్లజోడు ధరించే హ్రస్వదృష్టి, దీర్ఘదృష్టి కలవాళ్లు కళ్ల అద్దాలు తీసి చూడనవసరం లేదు. మామూలు బొమ్మలను చూసే విధంగానే జంట బొమ్మలను కూడా చూడవచ్చు. తగిన దూరం వచ్చేదాకా బొమ్మను ముందుకు వెనుకకు కదిపి ప్రయత్నించండి. ఏదెలాగున్నా ఈ ప్రయోగాలను మంచి వెలుగులో చేయాలి — ఫలితం సాధించడానికి ఇది ఎంతో సహాయంచేస్తుంది.

ఇక్కడ ఇవ్వబడిన బొమ్మలను స్టీరియోస్కోపు లేకుండా చూడడం నేర్చుకున్నాక స్టీరియోస్కోపు చిత్రాలను ఏ పరికరం లేకుండా చూడ్డానికి ఈ నేర్పును ఉపయోగించవచ్చు. చిత్రాలు 130, 133లలో ఇవ్వబడిన స్టీరియోస్కోపు చిత్రాలను కూడా ఉత్తకళ్లతో చూడ ప్రయత్నించవచ్చు. అతిగా ప్రయత్నించి కళ్లకు బాధ కలిగించవద్దు.

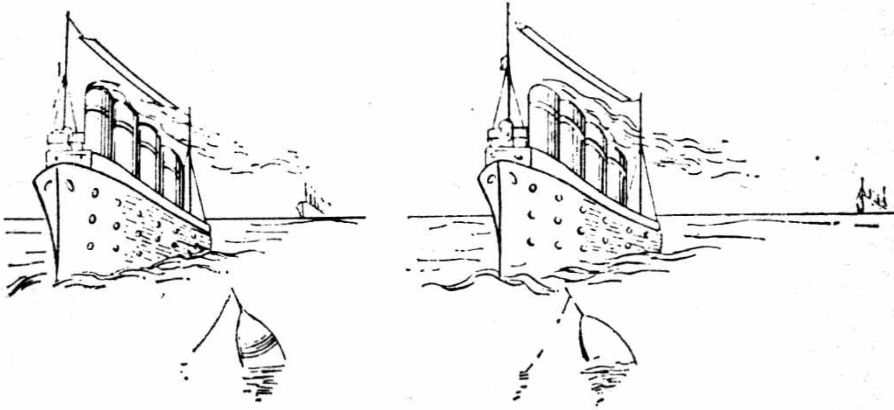


చిత్రం 127. ఈ జంటబొమ్మలలో దీర్ఘమైన నడవ కనిపిస్తుంది.



చిత్రం 128. అక్వేరియంలో చేప.

మీకు చూసే యుక్తి అలవడని పక్షంలో దీర్ఘదృష్టికలవారి కళ్ళజోడు అద్దాలతో చిన్న స్టీరియోస్కోపు తయారు చేయవచ్చు. వాటిని ఒక అట్టలో పక్కపక్కనే అమర్చి చూడటానికి వాటి లోపలి అంచులు మాత్రమే ఉపయోగపడేలాగు చూడండి. జంటబొమ్మల మధ్య అడ్డం ఉంచండి. సూక్ష్మమైన ఈ పరికరం ఫలితాన్ని తప్పక ఇస్తుంది.



చిత్రం 129. స్టీరియోస్కోపు చిత్రం సముద్ర దృశ్యం.

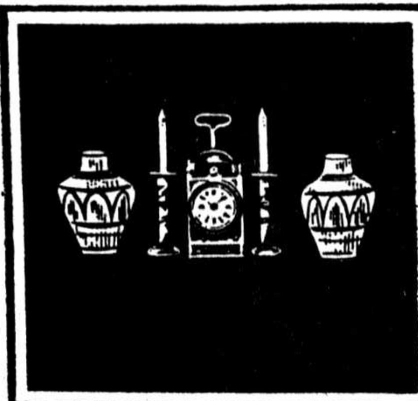
ఒంటి కన్నుతో, జంట కళ్ళతో

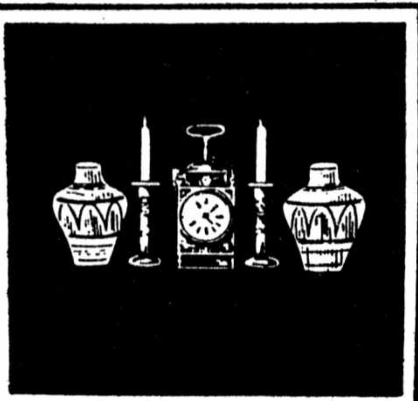
చిత్రం 130 ఎగువన ఎడమపక్క ఉండే రెండు బొమ్మలలోను గల మందు సీసాలు మూడు ఒక ప్రమాణంలో ఉన్నట్టు కనిపిస్తాయి. ఎంత కష్టపడి చూసినా సీసాల సయిజులలో తేడా తెలియరాదు. కాని తేడా ఉన్నది. పెద్ద తేడాయే కూడాను. మూడూ ఒకే ప్రమాణంలో

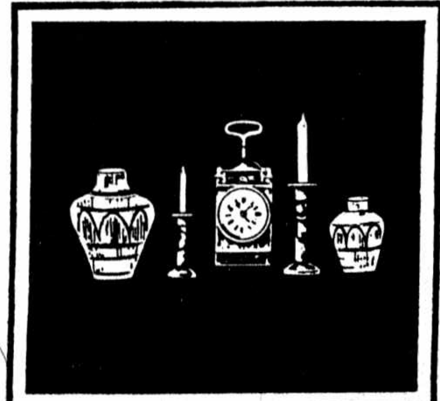












చిత్రం 130. ఉత్తకళ్లతో వీక్షిస్తే ఇలా కనిపిస్తుంది.

స్టీరియోస్కోపులో ఇలా కనిపిస్తుంది.

కనిపించడానికి కారణమేమంటే అవి కంటికి, లేక కెమేరాకు, ఒకే దూరంలో లేవు: పెద్ద సీసా చిన్న సీసాలకన్న ఎక్కువ దూరాన ఉన్నది. ఇంతకూ చూపెట్టబడిన మూడు సీసాలలో ఏవి దగ్గర ఏవి దూరం? మామూలుగా వాటి కేసి ఎంత సేపయినా చూడండి, జవాబు దొరకదు.

కాని స్టీరియోస్కోపు ఉపయోగించినా లేక పైన చెప్పబడిన పరికరం లేని స్టీరియోస్కోపు చూపు చూసినా జవాబు వెంటనే తెలుస్తుంది. అలా చేస్తే ఎడమ చివర ఉండే సీసా అన్నిటి కన్న హెచ్చు దూరంలో ఉన్నదని, కుడి చివరది అన్నిటికన్న దగ్గరిగా ఉన్నదని స్పష్టంగా చూస్తారు. సీసాల అసలయిన ప్రమాణాలు కూడా చివరగల బొమ్మలో తెలుస్తాయి.

చిత్రం 130లో దిగువ ఉండే బొమ్మలు మరింత చిక్కుపెట్టేవి. అందులో కూజాలు, మైనం వత్తులు, వాచీల ఫోటోలు ఉన్నాయి. కూజాలూ, మైనం వత్తి స్టాండులూ ఒకే ప్రమాణంలో కనిపించినా వాటి ప్రమాణాలలో చాలా వ్యత్యాసమున్నది. ఎడమ వక్క గల కూజా కుడి వక్క గల దానికన్న దాదాపు రెట్టింపు ఎత్తుగలది; ఎడమ వక్క గల మైనం వత్తి గడియారంకన్న, కుడి వక్క గల వత్తికన్న చాలా చిన్నది. స్టీరియోస్కోపు చూపు చూస్తే ఇందుకు కారణం తెలిసిపోతుంది. అన్ని వస్తువులూ ఒకే వరుసలో లేవు. అవి వేరు వేరు దూరాలలో ఉన్నాయి, చిన్న వస్తువులు పెద్దవాటికన్నా దగ్గరగా ఉన్నాయి.

ఒంటి కంటి చూపుకన్న రెండు కళ్ల చూపు (స్టీరియోస్కోపు చూపు) ఎంత మంచిదో తెలపడానికి మంచి ఉదాహరణ.

దొంగ పత్రాలను కనిపెట్టడం

రెండు డ్రాయింగులు ఒకే సయిజువి, మాటవరసకు రెండు నల్లని చదరాలు ఉన్నాయనుకోండి, వాటిని స్టీరియోస్కోపుతో చూస్తే ఒకే నల్లని చదరం కనిపిస్తుంది. ఈ చదరం అచ్చంగా జంట చదరాలలాగే ఉంటుంది. రెండు చదరాలకూ నడిమయాన ఒక తెల్లని చుక్క ఉంటే అది స్టీరియోస్కోపులో కూడా కనిపిస్తుంది కాని, అదే చుక్కను ఒక చదరంలో కొద్దిగా ఒక వక్కకు పెట్టి స్టీరియోస్కోపుతో చూస్తే అనుకోని ఫలితం కలుగుతుంది: అప్పుడు కూడా ఒకే తెల్ల చుక్క కనిపిస్తుంది గాని, అది చదరంలో చేరి ఉండక, దానికన్న కొంచెం ముందుగానో· వెనకగానో ఉన్నట్టు కనబడుతుంది. జంట బొమ్మలలో ఏ కొద్దిపాటి వ్యత్యాసం ఉన్నా స్టీరియోస్కోపు "లోతు"ను స్ఫురింపజేస్తుంది.

ఈ సూత్రంమీద మాయాపత్రాలను కనిపెట్టవచ్చు. అనుమానంగా తోచిన బ్యాంకు

బిల్లును అసలు బిల్లుతో కలిపి స్టీరియోస్కోపుతో చూస్తే చాటుమోసం బయటపడి పోతుంది, దొంగ బిల్లు ఎంత తెలివిగా తయారుచేసినా సరే ఒక అక్షరంలోగాని చిన్న గీతలోగాని తఫావతు ఉన్నప్పటికీ అది కంటికి కొట్టవచ్చినట్టు కనిపిస్తుంది. ఎంచేతంటే ఈ అక్షరం లేక ఈ గీత మిగిలిన ప్రతి భాగంకంటే ముందు, కాని వెనకగాని ఉన్నట్టు ఉంటుంది.*

రాక్షసకళ్లతో చూడడం

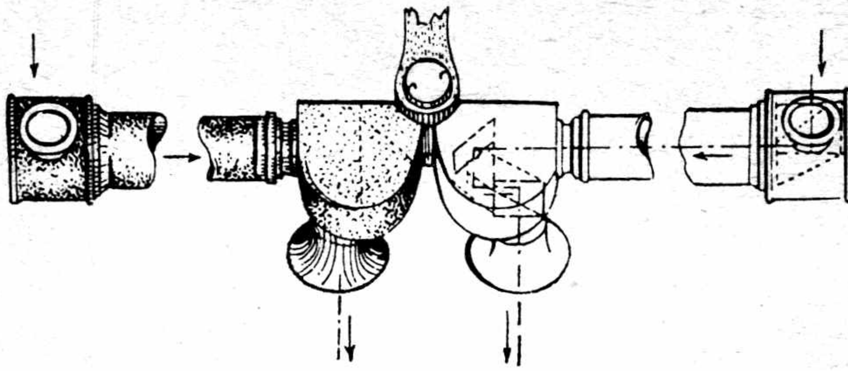
ఒక వస్తువు మనకు చాలా దూరంగా 450 మీటర్లకు మించిన దూరంలో ఉన్నప్పుడు మన కళ్ల మధ్య నున్న దూరం రెండు కళ్లలో కలిగే దృగ్బావాలలో గల తేడామీద ఏ ప్రభావం కలిగి ఉండదు. అంచేతే దూరంగా ఉన్న భవనాలు, కొండలు, ప్రకృతి దృశ్యాలు చదునుగా కనిపిస్తాయి. నిశ్చలమైన నక్షత్రాలకన్న గ్రహాలూ, గ్రహాలకన్న చంద్రుడూ మన కెంతో దగ్గరగా ఉన్నప్పటికీ ఆకాశంలోని జ్యోతులు అన్నీ ఒక దూరంలో ఉన్నట్టు కనబడడానికి ఇదే కారణం.

అసలు 450 మీ. దూరం దాటిన వస్తువులన్నిటి విషయంలో ఉత్తకళ్లతో రిలీఫ్‌ను చూసే శక్తిని మనం పూర్తిగా కోల్పోతాం. అవి మన ఎడమ కంటికీ కుడి కంటికీ ఒకే విధంగా కనిపిస్తాయి. ఎంచేతంటే 450 మీ. ముందు మన కనుపాపల మధ్య నున్న 6 సెం.మీ. దూరం ఎందుకూ పొందనిది. ఇటువంటి సందర్భాలలో తీసిన స్టీరియోస్కోపు ఫోటోలు పూర్తిగా ఒకటిగానే వస్తాయి. అంచేత అవి స్టీరియోస్కోపులో రిలీఫ్ భ్రాంతిని కలుగ చేయలేవు.

అయితే ఇందుకొక ఉపాయం ఉన్నది. దూరాన ఉండే వస్తువులను కళ్ల మధ్య ఉండే దానికన్న హెచ్చు ఎడంలో ఉండే చోట్లనుంచి ఫోటోగ్రాపు చేస్తే సరి. అప్పుడు వాటిని స్టీరియో స్కోపులో చూస్తే మనకు మామూలుగా కంటె చాలా ఎడంగా ఉండే కళ్లతో చూసిన ప్పుడు దృశ్యాన్ని ఏవిధంగా చూసి ఉండే వాళ్లమో అలాటిది చూస్తాం. ప్రకృతి దృశ్యాలకు స్టీరియోస్కోపు ఫోటోలు తీయడంలో ఉన్న రహస్యం ఇదే. వాటిని కుంభాకార ప్రిజములతో

---

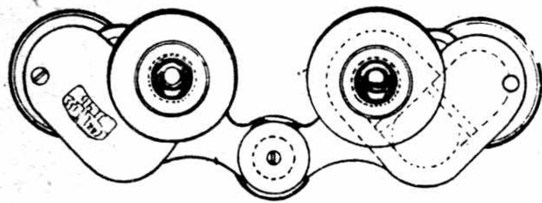
*19వ శతాబ్ది మధ్యకాలంలో డోవె అనే ఆయన సూచించిన ఈ ఉపాయం ఈనాటి కరెన్సీ నోట్లకు వర్తించదు — అందుకు ఈనాటి అచ్చు విధానమే కారణం. ఎంచేతంటే రెండు మంచి నోట్లయినా స్టీరియోస్కోపులో సమతల బింబం ఇవ్వవు కాని ఈ పద్ధతిలో పుస్తకం తాలూకు అచ్చు పేజీలను — అందులో ఒకటి క్రొత్త టయిపుతో మార్చినట్టయితే — పట్టుకోవచ్చు.

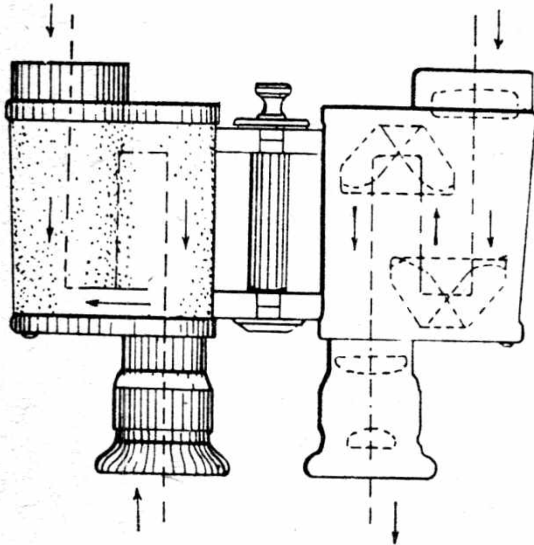


చిత్రం 131. టెలిస్టీరియోస్కోపు.

తరచు చూస్తారు. అలా చూసినప్పుడు రిలీఫ్‌గల స్టీరియోస్కోపు దృశ్యాలను సహజ పరిమాణంలో చూపిస్తాయి. ఫలితం ఆశ్చర్యకరంగా ఉంటుంది.

ఫోటోలో కాకుండ ప్రకృతి దృశ్యాల రిలీఫ్‌ను సహజ రూపంలో చూడడానికి రెండు దూర్బిణులను ఉపయోగించవచ్చునని మీకు తట్టి వుండవచ్చు. ఇలాటి సాధనం దూర దృశ్య ఘన చిత్ర దర్శకము (టెలిస్టీరియోస్కోపు) అనేది నిజంగా ఉంది. ఇందులో రెండు టెలిస్కోపులు కళ్లకన్న చాలా ఎడంగా ఉంటాయి. వాటిలో కనిపించే దృశ్యాలు ప్రతిఫలించే ప్రిజములద్వారా మన కళ్లు చేరుతాయి (చిత్రం 131). ఇటువంటి పరికరంలోనుంచి చూస్తే కలిగే అనుభూతి వర్ణనాతీతం. అది అంత అపూర్వమయింది. ప్రకృతి యావత్తూ మారిపోయినట్టు అవుతుంది. దూరాన ఉన్న కొండలు రిలీఫులో కనబడతాయి; చెట్లూ, బండరాళ్లూ, భవనాలూ సముద్రం మీది ఓడలూ మూడు కొలతలలో కనిపిస్తాయి. అన్నీ చదునుగా ఉన్నాయనే భావం పోతుంది. మామూలు





చిత్రం 132. ప్రిజం బైనాక్యులర్సు.

టెలిస్కోపులో చూస్తే కదలకుండా ఉన్నట్టు కనిపించే ఓడ కదులుతున్నదని తెలుస్తుంది. పాతకాలపు కథలలో మహాకాయులైన రాక్షసులకు ఇలాటి దృష్టే ఉండేదేమో.

యీ సాధనంలో ఉపయోగించే టెలిస్కోపులకు వస్తువులను 10 రెట్లు పెద్దవిగా చూపించే శక్తి ఉండి వాటి మధ్యగల దూరం కళ్ల మధ్యగల ఎడానికి 6 రెట్లు అయినట్టయితే (అంటే $6{,}5 \times 6 = 39$ సెం.మీ.) యీ టెలిస్టీరియోస్కోపునుంచి చూసినప్పుడు ఉత్తకంటికి కనిపించినదానికన్న $60 (6 \times 10)$ రెట్లు ఎక్కువగా రిలీఫు కనబడుతుంది. 25 కిలోమీటర్ల దూరాన గల వస్తువులలో సైతం రిలీఫు కనబడవచ్చు.

భూమిని సర్వే చేసే వారికీ నావికులకూ, ఫిరంగులు పేల్చేవాళ్లకీ, యాత్రికులకూ యీ పరికరానికి చేర్చబడి దూరమానం (రేంజ్ఫైండర్) కూడా ఉంటే అది వాళ్లకి అనివార్యములు.

ప్రిజమ్ బైనాక్యులర్స్ కూడా ఇలాగే పనికి వస్తుంది. ఎందుకంటే దాని లెన్సుల మధ్య ఉండే ఎడం కళ్ల మధ్య ఉండే దానికన్న హెచ్చు (చిత్రం 132). "ఆపెరా గ్లాసెస్"లో మట్టుకు లెన్సుల మధ్య దూరం తగ్గిస్తారు. రంగస్థలంకరణలూ, సెట్టింగులూ కావలసిన భావాన్ని కలిగించగలందులకు రిలీఫు తక్కువగా ఉంటుంది.

ఘనచిత్ర దర్శకములో విశ్వం

దూరదృశ్య ఘనచిత్ర దర్శకముతో (టెలిస్టీరియోస్కోపుతో) చంద్రుణ్ణి గాని, ఆకాశంలోని మరొక గోళాన్ని గాని చూస్తే రిలీఫ్ ఏమాత్రమూ ఉండదు. ఆకాశంలో ఉండే దూరాలు అలాటి సాధనానికి కూడా అతీతమైనవి గనక, అందులో విశేషమేమీ లేదు. దాని లెన్సుల మధ్య ఉండే 30 – 50 సెంటిమీటర్ల ఎడాన్ని భూమికీ గ్రహాలకూ మధ్య గల దూరంతో పోలిస్తే అది ఏపాటి? పరికరముయొక్క రెండు దూరదర్శనుల మధ్య కొన్ని పదులు, వందలు కిలోమీటర్ల దూరం ఉంచినా కూడా ఫలితం ఉండదు. ఎందుకంటే గ్రహాలు కొన్ని కోట్ల కిలోమీటర్ల దూరం ఉన్నాయి.

యీ పరిస్థితిలో స్టీరియోస్కోపిక్ ఫోటోగ్రఫీ అక్కరకు వస్తుంది. ఒక గ్రహానికి ఇవాళ ఒక ఫోటోగ్రాఫు తీసి, రేపు మళ్లీ ఇంకొక ఫోటో తీశామనుకోండి. మనం యీ రెండు ఫోటోలను భూమిమీద ఒకే చోటనుంచి తీస్తామన్నమాటే గాని రెంటి మధ్య గడిచిన 24 గంటల కాలంలో భూమి తన కక్ష్యలో అనేక లక్షల కిలోమీటర్లు నడిచి ఉంటుంది. గనక యీ ఫోటోలు సారకూటంలో రెండు భిన్న ప్రాంతాలనుంచి తీసినవిగా ఉంటాయి. ఫోటోలు రెండూ ఒకటిగా ఉండవు. వాటిని స్టీరియోస్కోపులో పెట్టి చూస్తే సమతల బింబం కాక రిలీఫ్ కనిపిస్తుంది.

ఆకాశ గోళాల స్టీరియోస్కోపు ఫోటోలను తీయడానికి సహాయపడేది భూమియొక్క గమనం. రెండు కళ్ళ మధ్యా కొన్ని లక్షల కిలోమీటర్ల ఎడంగల ఒక మహాకాయుణ్ణి ఊహించుకుంటే, ఎటువంటి అసామాన్యమైన ఫలితాలను నక్షత్రవేత్తలు ఇలాటి స్టీరియో ఫోటోలతో సాధిస్తున్నారో అర్థం అవుతుంది.

చంద్రుడి తాలూకు స్టీరియోఫోటోలలో దాని కొండల తాలూకు రిలీఫ్ ఎంత స్ఫుటంగా ఉంటుందంటే, శాస్త్రజ్ఞులు వాటి ఎత్తు కూడా కొలవగలిగారు. చదునుగా కనిపించే చంద్రుడి ఉపరితలాన్ని ఎవడో దేవశిల్పి మలిచి అందులో జీవకళ సృష్టించినట్టుగా కనిపిస్తుంది.

ప్రస్తుత కాలంలో కొత్త గ్రహాలను ముఖ్యంగా కుజ, గురుగ్రహాల కక్ష్యల మధ్య గుంపులుగా తిరిగే అల్పగ్రహాల (అస్టెరాయిడ్లు)ను కనిపెట్టడానికి స్టీరియోస్కోపు ఉపయోగపడుతున్నది. కొద్దికాలం క్రితం కూడా ఖగోళశాస్త్రవేత్తలు యీ అస్టెరాయిడ్లలో ఒకటి కనిపిస్తే మహా భాగ్యంగా భావించేవారు. యీనాడు ఆకాశంలో అవి తిరిగే ప్రాంతానికి రెండు స్టీరియోఫోటోలు వేర్వేరు వేళలలో తీసి చూస్తే చాలు. ఆ ప్రాంతంలో ఉండే మాటయితే స్టీరియోస్కోపు అస్టెరాయిడ్‌ను వెంటనే పట్టి ఇస్తుంది, ఎంచేతంటే అసలు దృశ్యంకన్న అది ముందుకు నెట్టుకొస్తుంది.

ఆకాశంలోని గోళాల స్థానంలోని వ్యత్యాసమే గాక, వాటి కాంతిలో ఉండే వ్యత్యాసాన్ని కూడా స్టీరియోస్కోపు పట్టి యిస్తుంది. అందుచేత, ఒకప్పుడు హెచ్చు కాంతీ, మరొకప్పుడు తక్కువ కాంతీ ఉండే నక్షత్రాలను (వేరియబుల్ స్టార్స్) అనుసరించడానికి ఆనుకూల్యం ఏర్పడుతున్నది. ఆకాశానికి తీసిన రెండు ఫోటోలలో ఒక నక్షత్రంయొక్క కాంతిలో మార్పు కలిగితే ఆ నక్షత్రాన్ని స్టీరియోస్కోపు వెంటనే పట్టి యిస్తుంది.

ఆండ్రోమిడా, ఒరియాన్ నెబ్యులాలకు సైతం ఖగోళశాస్త్రజ్ఞులు స్టీరియోఫోటో తీయగలిగారు. [నెబ్యులాలు బ్రహ్మాండమైన మేఘాలు, వాటి పరిమాణం ఊహకు అందదు. ఉదాహరణకు ఒరియాన్ నెబ్యులాలో కనీసం పది లక్షల సూర్యుళ్ల పదార్థం ఉన్నది. అలాగే నెబ్యులాలో ఉండే దూరం కూడా ఊహకు అందదు. ఉదాహరణకు ఆండ్రోమిడా నెబ్యులా మనకు 20 లక్షల కాంతిసంవత్సరాల దూరాన వున్నది. — అను.] యీ ఫోటోలు తీయడానికి సౌరకూటంయొక్క ప్రమాణం కూడా చాలదు. అందుచేత నక్షత్రాల మధ్య మన సౌరకూటంయొక్క గమనాన్ని ఉపయోగించారు. యీ గమనం ధర్మమా అంటూ మనం నక్షత్రాలను ఎప్పుడూ భిన్న దృక్పథాలనుంచి చూడగలుగుతాం. తగినంత కాలం గడిచినట్టయితే యీ తేడా కెమేరాకు గోచరమయేటంత ఉండవచ్చు. అప్పుడు మనం ఎంతో కాలభేదంతో రెండు స్టీరియోఫోటోలు తీసి వాటిని స్టీరియోస్కోపులో చూడవచ్చు.

త్రినేత్ర దృష్టి

కాని మూడు కళ్ళతో చూడడమెలాగ? మూడో కన్ను తెచ్చి పెట్టుకోవడం సాధ్యమా? మనం సమంగా అలాటి త్రినేత్ర దృష్టి గురించే ప్రస్తావిద్దాం. మీకూ నాకూ మూడో కన్ను నిచ్చే శక్తి అయితే శాస్త్రానికి లేదు గాని, ముక్కంటికి వస్తువులెలా కనిపిస్తాయో అలా చూసే "దివ్య దృష్టిని" అది మనకు ప్రసాదించగలదు.

ముఖ్యంగా ముందు ఒక విషయం స్పష్టం చెయ్యనివ్వండి. ఒక్క కన్నే గలవాడికి నిత్యజీవితంలో లభించని రిలీఫు స్టీరియోఫోటోల సహాయంతో చూసే అవకాశం ఉన్నది. ఇందుకుగాను ఏం చెయ్యాలంటే ఎడమ, కుడి కళ్ల కొరకని తీయబడిన ఫోటోలను తెరమీద ఒకదానివెంబడే మరొకటిగా ప్రొజెక్టు చెయ్యాలి. రెండు కళ్లూ ఉన్న వాడు ఒకే కాలంలో చూసేదాన్ని ఏకాక్షి ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా శీఘ్రగమనంలో చూస్తాడు. కాని ఫలితం ఒకటే. ఎంచేతంటే ఏకకాలపు దృగ్భావాలలాగే అతి వేగంగా మారే దృగ్భావాలు కూడా ఒకే దృశ్యంగా ఏకమవుతాయి.*

అలాటి సందర్భంలో రెండు కళ్లు గలవాడు ఒక కంటితో వేగంగా ప్రొజెక్టు అయే జంటబొమ్మలను చూస్తూ, రెండో కంటితో మరొక దృక్కోణంనుంచి తీసిన మూడో బొమ్మను చూడడం సాధ్యమే.

ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే ఒక వస్తువుకి మూడు కళ్లనుండియా అన్నట్టుగా మూడు వేర్వేరు బిందువులనుండి మూడు ఫోటోలు తీస్తారు. తర్వాత వీటిల్లో రెంటిని ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా వేగంగా మార్చుతూ అది ప్రేక్షకుడి ఒక కన్నుమీద పడేటట్లు చేస్తారు. వేగంగా ఒకదాని వెంట ఒకటి మారడంలో అవి కలుగచేసే దృగ్భావాలు రిలీఫ్‌గల ఒక దృశ్యంగా లీనమౌతాయి. ఈ దృశ్యానికి తోడుగా ఇంకా మూడో ఫోటో వైపు చూస్తున్న రెండో కంటి దృగ్భావం కూడా కలుస్తుంది.

ఈ పరిస్థితులలో మనం రెండే కళ్లతో చూస్తున్నప్పటికీ మూడు కళ్లతో చూస్తే ఏ భావం కలుగుతుందో అదే భావం కలుగుతుంది. రిలీఫ్ అత్యధికం అవుతుంది.

---

*సినిమా చిత్రాల్లో అప్పుడప్పుడు కనిపించే అద్భుతమైన రిలీఫు కనిపించడానికి లోగడ వివరించిన కారణాలు గాక ఇది మరొక కారణం కావచ్చు. ఘటింగు జరిగేటప్పుడు సినీకెమేరా అటూ ఇటూ ఆడడం చేత విడి బొమ్మలన్నీ ఒకే విధంగా ఉండవు. అవి వేగంగా ఒకదాని తరవాత ఒకటిగా తెరమీద పడేటప్పుడు ప్రేక్షకుడికి చిత్రంలో రిలీఫ్ ఉన్నదనే భావం స్ఫురిస్తుంది.

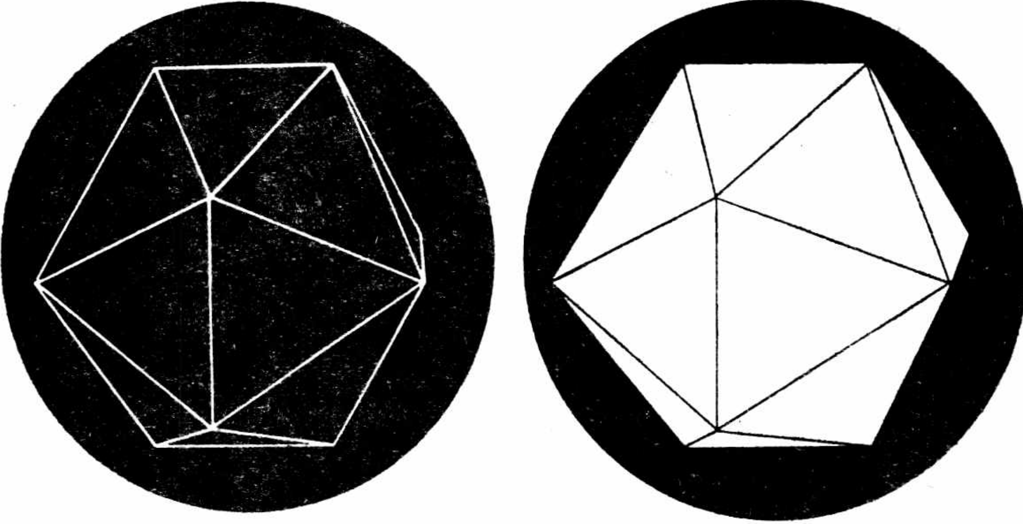
ఘనచిత్రంలో ధగధగ

చిత్రం 133లో చూపబడిన స్టీరియోఫోటో బహుఫలకములను (polyhedrons) చూపుతోంది. ఒకటి నలుపుమీద తెల్లగీతలతో రెండోది తెలుపుమీద నల్లగీతలతో. ఈ చిత్రాలను స్టీరియోస్కోపులో చూస్తే ఏం కనిపిస్తుంది? ఊహించడం కష్టం. హెల్మ్‌హోల్ట్స్ ఏమన్నాడో విందాం.

"ఒక ముఖతలం స్టీరియోజంటలో ఒక బొమ్మలో తెల్లగానూ, రెండవ దానిలో నల్లగానూ ఉంటే ఆ బొమ్మలు అచ్చువేసిన కాగితంలో మెరుపు ఏమీ లేకపోయినా వాటిని ఏకం చేసి చూసినప్పుడు ముఖతలంమీద మెరుపు కనిపిస్తుంది. స్ఫటికాల నమూనా డ్రాయింగులు స్టీరియోస్కోపుకు అనుకూలంగా రచించి (పైవిధంగా) చూస్తే స్ఫటికాల నమూనాలు మెరిసే గ్రాఫైటునుంచి చేసేరా అనే భావం కలుగుతుంది. ఇలా చేసినట్టయితే నీటిమీది తళతళ ఆకులపై నిగనిగా స్టీరియోఫోటోగ్రాఫులలో మరింత బాగా కనిపిస్తుంది."

రష్యన్ శరీరశాస్త్రవేత్త సేచెనొవ్ 1867లో రచించిన యీనాటికీ ఉపయుక్తంగా ఉన్న "జ్ఞానేంద్రియముల ధర్మములు. దృష్టి" అనబడే ఒక గ్రంథంలో ఇలా ఎందుకు జరుగుతుందో అద్భుతంగా వివరించబడి ఉన్నది:

"భిన్న వర్ణాలలోగాని, భిన్న కాంతులలోగాని ఉన్న ముఖతలాలను స్టీరియోస్కోపులో కృత్రిమంగా ఏకంచేసి చూసినప్పుడు మెరిసే వస్తువులను చూడడానికి కావలసిన వాస్తవ



చిత్రం 133. స్టీరియోస్కోపులో కనిపించే తళతళ. స్టీరియోస్కోపులో చూస్తే నల్లని బాక్‌గ్రౌండ్‌మీద తళతళా మెరిసే స్ఫటికం కనిపిస్తుంది.

పరిస్థితులు సృష్టింపబడతాయి. నిజానికి మెరుగుపెట్టిన నిగనిగలాడే ముఖతలానికి నిగనిగ లాడని దానికి తేడా ఏమిటి? నిగనిగలాడని వస్తువు తనపై బడే కాంతిని అన్ని వైపులకు చెదర గొట్టి ఎటునుంచి చూసినా ఒకే విధమైన కాంతిలో ఉన్నట్లు కనిపిస్తుంది. మెరుగు పెట్టిన ముఖతలమలా కాకుండా, కాంతిని ఏదో ఒక దిక్కుగా ప్రతిఫలింపజేస్తుంది. అందు చేత దానినుంచి ప్రతిఫలించే కాంతి కిరణాలు ఒక కంటికి పుష్కలంగా లభించి రెండవ కంటికి దాదాపు ఏమీ కనిపించని సందర్భములు ఏర్పడతాయి. (తెల్లని ముఖతలాన్ని నల్లని ముఖతలాన్ని స్టీరియోస్కోపులో ఏకంచేసినప్పుడు ఏర్పడే స్థితి ఇదే.) మెరుగు పెట్టబడి తళతళలాడే తలాలను చూసేవాడి కళ్ల మధ్య ప్రతిఫలింపబడిన కాంతి అసమానంగా విస్త రించే సందర్భాలు (అంటే ఒక కంటిలోకంటె రెండవ కంటిలో ఎక్కువ పడిన సందర్భాలు) ఎలాగూ తప్పవు.

''దీనినిబట్టి తేలేదేమంటే రెండు చిత్రాలను ఏకంచేసి ఘనాకారంలో చూడడానికి అనుభవం ప్రథమావసరం అనే విషయాన్ని ('స్టీరియోస్కోపు మెరుపు') నిరూపిస్తోంది. అనుభవం సంపాదించిన మన దృక్పరికరానికి దృష్టిక్షేత్రాల మధ్యగల వ్యత్యాసాన్ని వాస్తవ జీవితంలో పరిచయంగల విషయంతో పోల్చిచూసే శక్తి రాగానే దృష్టిక్షేత్రాల మధ్యగల వ్యత్యాసం పోయి ఒక స్పష్టమైన భావం ఏర్పడుతుంది.''

కనక వస్తువులు నిగనిగలాడుతూ మనకు కనిపించడానికి కారణం (కనీసం ఒక కారణం) రెండు కళ్లలోనూ పడే బింబాల కాంతులలో వ్యత్యాసం ఉండడమే. స్టీరియోస్కోపు లేనట్టయితే మనకీ విషయం స్ఫురించేది కాదేమో.

రైలుకిటికీలోనుంచి చూస్తే

ఒకే వస్తువుయొక్క బింబాలు కొంచెం వ్యత్యాసంగా వుండి, ఒకదాని తరువాత ఒకటి వేగంగా పడి, ఒకే బింబంగా ఏకమైనప్పుడు రిలీఫ్ గోచరిస్తుందని లోగడ చెప్పాను.

అయితే ఒక సందేహం: మనం నిశ్చలంగా వుండి దృశ్యాలు కదిలినప్పుడే ఇలా జరుగ తుందా? లేక దృశ్యాలు నిలకడగా ఉండి మనం కదలినప్పుడు కూడా జరుగుతుందా? ఈ రెండో సందర్భంలో కూడా స్టీరియోస్కోపు ఫలితం ఉంటుందని తేలింది. రైలులోనుంచి తీసిన సినిమా దృశ్యాలు మంచి రిలీఫ్ కలిగి స్టీరియోస్కోపులోనుంచి ఉండవచ్చు. వేగంగా నడిచే రైలులోగాని కారులోగాని ప్రయాణించేటప్పుడు మన మెదడుపై కలిగే దృగ్భావాలపై శ్రద్ధ వహించినట్టయితే ఇది స్పష్టమవుతుంది. ఆ సమయంలో మనకు కనపడే ప్రకృతి

దృశ్యాలలో ఎంతో రిలీఫ్ కనిపిస్తుంది; సమీపంలో ఉండే వస్తువులకూ దూరంగా ఉండే వస్తువులకూ మధ్య ఎడం బాగా తెలుస్తుంది. కదలకుండా ఉండే కళ్లకు ఘనచిత్రాలను చూడగలిగే దూరం 450 మీటర్లయితే అప్పుడు అంతకన్నా చాలా హెచ్చుగా ఉండి "లోతు" అధికం అవుతుంది.

వేగంగా పరిగెత్తే రైలు కిటికీవద్ద కూర్చుని ప్రకృతిదృశ్యాన్ని చూస్తుంటే కలిగే ఆనందానికి కారణం ఇదేనని తెలియడం లేదా? దూరాన ఉండే వస్తువులు వెనక్కు పోతాయి. మన కళ్ల ఎదుట మెదిలే దృశ్యం ఎంతో విస్తృతంగా ఉంటుంది. అరణ్యంమధ్యగా పరుగు తీసే కారులో వెళ్లే టప్పుడు ప్రతి ఒక చెట్టు, కొమ్మ, ఆకూ స్పష్టంగా ఒక దానినుండి ఒకటి వేరుగా అంతరాళంలో కొద్ది మేర మాత్రమే ఆక్రమించినట్టు కనపడతాయి; అదే నిలబడి చూస్తే అంతా కలసిపోయినట్టుగా కనబడుతుంది. కొండలమీద రోడ్లవెంబడి వేగంగా వెళ్లేటప్పుడు గూడా మన కళ్లతో మనం భూమిని రిలీఫ్‌లో చూడగలం కొండలు, లోయలు మొదలైనవాటి ప్రమాణాలను కన్ను కొలుస్తున్నట్టయింది. ఇది ఒంటి కంటి వాళ్లు కూడా చూడగలరు — వారికది అపూర్వమైన అనుభవంగా ఉంటుంది. రిలీఫ్ కనిపించాలంటే వేర్వేరు చిత్రాలను ఒకే కాలంలో రెండు కళ్లతోనూ గ్రహించి తీరాలని చాలా మంది అనుకుంటారు. రెండు కళ్లతోనూ గ్రహించడం తప్పనిసరిగా కాదని ఇంతకు ముందే వక్కాణించేను. వేర్వేరు చిత్రాలు తగిన వేగంతో మారుతూ ఏకమైతే ఒక కంటితో కూడా స్టీరియోస్కోపు చూపు చూడొచ్చు.*

నేను చెప్పినదంతా అమిత సులువుగా రుజువుచేసుకోవచ్చు. కారులోగాని రైలులోగాని వెళ్లేటప్పుడు కళ్లతో గ్రహించే దాన్ని శ్రద్ధగా గమనించండి. మరొక విచిత్రం గూడా మీరు గమనించవచ్చు. సమీపంగా మన ప్రక్కనుంచి పరిగెత్తే వస్తువులు చిన్నవిగా ఉన్నట్టు కనిపిస్తాయి. దీనిని గురించి డోవె నూరేళ్ల క్రితమే ప్రస్తావించాడు. అయితే నిజానికి మరచి పోయినదంతా కొత్తేగదా? ఇలా జరగడానికి గల కారణానికి స్టీరియోస్కోపు చూపుకి సంబంధమే లేదు. అంత వేగంగా కదిలే వస్తువులను చూస్తూ వాటి దగ్గిరతనాన్ని అంచనా కట్టడంలో మనం త్వరపడతాము. దగ్గరగా ఉండే వస్తువు దాని సహజప్రమాణంలో కనిపించాలంటే అది మామూలుకన్న చిన్నదిగా ఉండాలని మనం అనుకోకుండానే అనుకుంటాము. హెల్మ్‌హోల్ట్సు ఈ వివరణ ఇచ్చాడు.

---

* అన్నట్టు, వంపుతిరిగి వెళ్లే రైలులోనుంచి తీసే సినిమా చిత్రాలలో వంపుయొక్క వ్యాసార్ధపు దిశలో ఉండే వస్తువులు స్పష్టంగా స్టీరియోస్కోపులో చూసినట్టు కనబడడానికి ఇదే కారణం. ఈ "ట్రాక్ ఎఫెక్ట్" విషయం సినీ కెమేరా వారికి బాగా తెలుసు.

రంగు అద్దాలతో చూడడం

తెల్లటి బాక్ గ్రౌండు మీద ఎర్రని అక్షరాలను ఎర్రద్దాలు పెట్టుకుని చూస్తే ఎర్ర బాక్ గ్రౌండు తప్ప ఇంకేమీ కనిపించదు. అక్షరాలు బాక్ గ్రౌండులో చేరిపోయి కనిపించవు. కాని తెల్లని బాక్ గ్రౌండు మీద నీలం అక్షరాలను అవే ఎర్ర అద్దాలతో చూడండి, ఎర్రటి బాక్ గ్రౌండుమీద నల్లని అక్షరాలు స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి. నలుపు దేనికి? కారణం సుగమం. ఎర్రద్దాలగుండా నీలం కిరణాలు ప్రసరించవు (ఎర్రని కిరణాలను మాత్రమే ప్రసరిస్తాయి. గనుకనే అద్దాలు ఎర్రగా కనిపిస్తాయి). అందుచేత మనకు నీలం అక్షరాలు ఉన్నచోట ఏ కాంతీ కనిపించదు. అందుకే అక్షరాలు నల్లగా ఉంటాయి.

స్టీరియోఫోటోలద్వారా కలిగే ఫలితాన్నే ఒక ప్రత్యేక పద్ధతిలో అచ్చువేయబడే "అనాగ్లిఫ్" ల బొమ్మలద్వారా కూడా సాధించవచ్చు. ఈ "అనాగ్లిఫ్"లు రంగు అద్దాల లక్షణంమీదనే ఆధారపడతాయి. కుడి కంటి దృశ్యాన్నీ, ఎడమ కంటి దృశ్యాన్నీ వేరువేరు రంగులలో ఒక దానిపై మరొకటి అచ్చువేస్తారు. ఒకటి నీలం రంగులోనూ, రెండవది ఎఱుపు రంగులోనూ ఉంటుంది.

రెండు కళ్లకు రెండు రంగుల అద్దాలు పెట్టుకుని "అనాగ్లిఫ్"ను చూస్తే మీకు ఒక నల్లని బొమ్మ రిలీఫ్‌లో కనిపిస్తుంది. కుడి కన్ను ఎర్రని అద్దంగుండా నీలం బొమ్మనే చూస్తుంది — అదే కుడి కన్ను చూడవలసిన దృశ్యం (అది రంగుగా కాక నల్లగా కనిపిస్తుంది). ఎడమ కన్ను నీలం అద్దంగుండా ఎర్ర బొమ్మను చూస్తుంది. అదే ఎడమ కన్ను చూడవలసిన దృశ్యం. ఈవిధంగా ప్రతి కన్నూ ఒక దృశ్యాన్ని, అది చూడవలసిన దాన్ని చూస్తుంది. అంటే మనకి ఇక్కడ స్టీరియోస్కోపులోలాటి పరిస్థితులే ఉన్నాయి. అంచేత ఫలితం కూడా అదే అవాలి: రిలీఫ్ ఉన్నదనే భావం కలుగుతుంది.

నీడల వింతలు

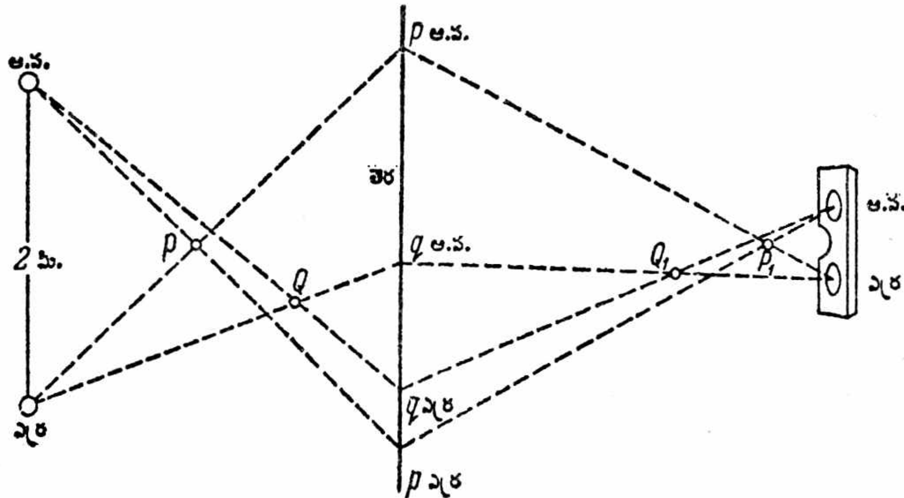
ఒకప్పుడు సినిమాలలో చూపించిన "నీడల వింతలు" కూడా ఈ సూత్రంపైన ఆధారపడినవే.

ప్రేక్షకులు రెండు రంగుల అద్దాలు ధరించేవారు, తెరపైన కదిలే వస్తువుల నీడలు పడేవి; అవి ఘనాకారాలలో తెరకంటె ముందుకు వస్తున్నట్టు కనపడేవి. ద్వివర్ణ స్టీరియోస్కోపీ ఫలితాన్ని వాడడంవల్ల ఈ భ్రమను కలిగిస్తారు. నీడ చూపవలసిన వస్తువును తెర

వెనుక వుంచి, దానివెనుక రెండు రంగుల దీపాలుంచేవారు — ఎఱ్ఱుపుది, ఆకుపచ్చది. వాటి మూలంగా రెండు రంగుల — ఎఱ్ఱుపు, ఆకుపచ్చ — నీడలు తెరవెనుక ఉన్న వస్తువుని తెరమీద, ఒకదానిపై ఒకటిగా పడేవి. వాటిని ప్రేక్షకులు ఉత్తకళ్లతో కాక పవరులేని ఎఱ్ఱుపు, ఆకుపచ్చని అద్దాలతో చూసేవారు.

ఇలాటి పరిస్థితులలో తెరనుంచి ముందుకు పొడుచుకు వచ్చే ఘనాకారాల భ్రమ కలుగుతుందని ఇప్పుడే వివరించబడింది. ఇలా చూస్తే కలిగే భ్రమ అద్భుతంగా ఉండేది. వస్తువులు మనమీదికి వచ్చినట్టుండేవి. బ్రహ్మాండమైన సాలీడు గాలిలో పాకుతూ ప్రేక్షకులమీదికి వచ్చేది. ప్రేక్షకులు భయపడి కెవ్వున అరచి పక్కకి తిరిగేవారు. ఇంకా ఎన్నో తమాషా అయినవి జరిగేవి. దీనికి కావలసిన పరికరాలు బహు కొద్ది. చిత్రం 134 చూస్తే అంతా తెలిసిపోతుంది. ఈ రేఖా చిత్రంలో ఎడమప్రక్క ఉన్న ఆ.ప. — ఆకుపచ్చ దీపం, ఎఱ్ర — ఎఱ్ర దీపం; PQ అనేవి తెరకీ దీపాలకీ మధ్య ఉంచే వస్తువులు; p ఆ.ప., q ఎఱ్ర అనేవి ఈ వస్తువుల తాలూకు ఆకుపచ్చని ఎఱ్రని నీడలు. కుడి ప్రక్కన ఆ.ప., ఎఱ్ర అనేవి ప్రేక్షకులు ఉపయోగించే ఆకుపచ్చ, ఎరుపు అద్దాలు. ఆ అద్దాలగుండా చూస్తే ప్రేక్షకులు వస్తువులను P_1, Q_1 లవద్ద ఉన్నట్టుగా చూస్తారు. తెరవెనుక ఉండే సాలీడు Q వద్ద నుంచి P వద్దకు పాకుతున్నట్టు తోస్తుంది.

సాధారణంగా తెరవెనుక ఉండే వస్తువు దీపానికి దగ్గరగా జరిగినప్పుడు తెరమీద దాని నీడ పెద్దదై, ఆ వస్తువు ప్రేక్షకులకి తమను సమీపిస్తున్నదన్న భావన కలుగుతుంది. ప్రేక్షకులు తెరనుంచి తమకేసి వస్తున్నదని భ్రమ పడినదల్లా నిజానికి వ్యతిరేకదిశలో — తెరనుంచి వెనక్కు దీపానికి దగ్గరగా పోతూ ఉంటుంది.



చిత్రం 134. నీడల గారడీ వివరణ.

రంగు మార్పుల గారడీ

లెనిన్‌గ్రాడ్‌లోని ఒక రిక్రియేషన్ పార్కులో కాంతులతో శాస్త్రవినోదం కలిగించే పెవిలియను ఒకటి ఉండేది. ఈ సందర్భంలో దానిని వివరించడం సముచితంగా ఉంటుంది. పెవిలియన్‌లో ఒక మూల చావడి గదిలాగా అమర్చారు. అందులోని ఫర్నిచరుకి ముదురు వంగపండు రంగు తొడుగు తొడిగారు. బల్లమీద ఆకుపచ్చ గుడ్డ పరచి, దానిమీద ఒక గాజు పాత్రలో క్రాన్‌బెర్రీ పళ్ల రసము, ఒక వాజులో పూలూ ఉంచారు. పుస్తకాలతో నిండిన అలమారు కూడా ఒకటి ఉన్నది; ఆ పుస్తకాల అట్టలమీద రంగురంగుల వ్రాతలు ఉన్నాయి. ముందు ప్రేక్షకులు ఈ చావడిని మామూలు తెల్లని వెలుతురులో చూస్తారు. తరవాత తెల్లదీపం ఆరిపోయి ఎర్ర దీపం వెలుగుతుంది. దీనివల్ల గదిలో అనుకోని మార్పు జరుగుతుంది: ఫర్నిచరుకి గులాబీరంగు వస్తుంది. బల్లమీద ఆకుపచ్చ గుడ్డ ఊదా రంగుకు మారుతుంది. క్రాన్‌బెర్రీ పళ్ల రసానికి రంగు కాస్తా పోయి నీళ్లలాగా కనబడుతుంది. వాజులోని పూల రంగులు మారి వేరే పూలలాగా కనిపిస్తాయి. పుస్తకాల అట్టలలో కొన్నిటిమీది అక్షరాలు అదృశ్యమైపోతాయి...

తరవాత ఎర్రదీపం ఆరి ఆకుపచ్చ దీపం వెలుగుతుంది. మళ్లీ చావడి స్వరూపం పూర్తిగా మారిపోతుంది.

యీ మార్పుల గారడీ యావత్తూ న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన వర్ణసిద్ధాంతాన్ని రుజావు చేస్తుంది. ఆ సిద్ధాంతంయొక్క సారాంశమేమంటే ఏ ముఖతలమైనా తాను విచూషించే (హరించే) కిరణాల రంగులో గాక, తాను చెదరగొట్టే అంటే చూసేవాడి కళ్లలోకి వచ్చే కిరణాల రంగులో కనిపిస్తుందని. యీ అంశాన్ని జాన్ టిండల్ అనే సుప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ భౌతికశాస్త్రజ్ఞుడు, న్యూటన్ సజాతీయుడు, యిలా వివరించాడు.

"వస్తువులపై శ్వేతవర్ణం ప్రసరింపచేస్తే ఆకుపచ్చ కిరణముల విచూషణవలన ఎరుపురంగు, ఎరుపు కిరణముల విచూషణవలన ఆకుపచ్చరంగు ఏర్పడతాయి. మిగిలిన రంగులు రెండు సందర్భాలలోను ఏర్పడతాయి. అంటే వస్తువులు వ్యతిరేక విధంలో రంగు లను తెచ్చుకుంటాయి: రంగు తెచ్చుకోవడం — రంగు చేర్చడంవల్ల కాదు, రంగుని వేరు చేయడంవల్ల జరుగుతుంది."

అందువల్లనే తెల్లకాంతి పడినప్పుడు ఆకుపచ్చని గుడ్డ మిగతా రంగుల కిరణాలన్నిటిని విచూషించి ఆకుపచ్చ రంగు కిరణాలను చెదరగొట్టడంచేత ఆకుపచ్చ రంగులో కనిపిస్తుంది. యీ గుడ్డమీదికి మనం ఎరుపు ఊదా రంగులుగల కిరణాలను మిశ్రమం చేసి ప్రసరింప జేసినట్టయితే అది ఎర్ర కిరణాలలో హెచ్చుభాగం విచూషించి ఊదా రంగు కిరణాలను చెదరగొట్టుతుంది. అందుకే అది ఊదారంగులో కనిపిస్తుంది.

చావడిలో కలిగే మార్పులకిదే కారణం. అయితే మరి ఎర్రని వళ్ల రసంమీద ఎర్రకాంతి పడినప్పుడది రంగువిరగడం వింతగా కనిపిస్తుంది. దేనికంటే అది ఉంచిన పాత్రకింద ఆకుపచ్చ బల్లమీద పరచిన ఒక తెల్లని కాగితం ఉంటుంది. ఆ కాగితంమీదనుంచి పాత్రను తీసేస్తే పాత్రలోని రసం రంగు లేకుండ కాక ఎర్రగానే కనిపిస్తుంది. ఎర్రకాంతి పడినప్పుడా తెల్ల కాగితం కూడా ఎర్రగా కావడంవల్ల రసానికి రంగు పోయినట్టు కనిపిస్తుంది. ఆ కాగితం రంగు మారినప్పటికీ అది తెల్లనిదనే మనమింకా భావిస్తాం. అందుకు కొంత కారణం మానసికమైన అలవాటు. మరికొంత కారణం దానికీ ఉదారంగుగా కనిపించే గుడ్డకీ గల తేడా. పాత్రలోని రసం రంగూ కాగితం రంగూ ఒకటిగానే ఉంటాయి కనక, కాగితం తెల్లగా ఉన్నదని మనం అనుకుంటాం. గనక రసం కూడా తెల్లగానే ఉన్నదని అప్రయత్నంగా భావిస్తాం. అందుకే అది ఎర్రని ద్రవంగా కనబడడానికి బదులు రంగులేని నీరులాగా కనబడు తుంది.

పై ప్రయోగాలను ఇంకా తేలికగా చేయొచ్చు: రంగు అద్దాలు పెట్టుకుని చుట్టూ కలయచూసినా ఇలాటి భావాలే కలుగుతాయి.

యీ పుస్తకం ఎత్తెంత?

మీ స్నేహితుడి చేతిలోని పుస్తకాన్ని నేలపైన నిలబెట్టి దాని ఎత్తెంత ఉంటుందో గోడమీద చూపమని అతన్ని అడిగి చూడండి. అతను చెప్పిన సమాధానం సరి చూడండి. అతని అంచనా తప్పు కావడం తథ్యం! అతను చెప్పే దానిలో పుస్తకం సగం ఎత్తే ఉంటుంది.

గోడపై గుర్తు పెడుతూ, పుస్తకం ఎంత ఎత్తు ఉండేదీ అతన్ని వంగి చూపించ నివ్వక, మాటలతో చెప్పనిస్తే, ప్రయోగం మరింత బాగా చెయ్యవచ్చు. టేబిల్ లాంప్‌గాని, టోపీగాని, కంటి ఎత్తున చూడడం అలవాటున్న ఏ వస్తువును గురించి అయినా ఇలా చేయవచ్చు.

ఇలాటి వస్తువుల ఎత్తును గురించి అంచనా కట్టడంలో పొరపాటెందుకు వస్తుందీ అంటే, పక్కవాటంగా చూసినప్పుడు అన్ని వస్తువుల ప్రమాణమూ తగ్గుతుంది.

గంట స్తంభ గడియారము

పుస్తకం ఎత్తు విషయంలో మీ స్నేహితుడు పొరబడినట్లే మన కళ్ళకు మరింత ఎగువగా ఉండే వస్తువుల ప్రమాణం అంచనా కట్టేటప్పుడు కూడా ఎల్లప్పుడూ పొరబడతాం. ముఖ్యంగా అంచనాకు అందనివి గంట స్తంభ గడియారాలు. యీ గడియారాలు చాలా పెద్ద



చిత్రం 135. వెస్ట్‌మిన్‌స్టర్ గడియారం
డయల్ ప్రమాణం.

వేనని మనకు తెలిసినప్పటికీ వాటి ప్రమాణం అంచనా కట్టవచ్చేసరికి ఉన్నదానికన్న చాలా తక్కువ చెబుతాం. లండన్‌లోని వెస్ట్‌మిన్‌స్టర్ టవర్‌క్లాక్‌ను రోడ్డుమీదికి దించితే దాని ప్రమాణం ఏవిధంగా ఉంటుందో చిత్రం 135 చూపుతుంది.

దాని చెంత మామూలు మనుష్యులు చీమలల్లే ఉంటారు. అయినప్పటికీ దూరాన కనిపించే స్తంభం కంతల ప్రమాణం దీని ప్రమాణం ఒకటేనంటే మీరు నమ్మలేరు.

నలుపూ, తెలుపూ

చిత్రం 136ను దూరంనుంచి చూసి, కింది చుక్కకూ పైనగల చుక్కలలో ఏదో ఒకదానికీ మధ్య అలాటి చుక్కలు ఎన్ని పట్టుతాయో చెప్పండి. నాలుగా, అయిదా? అయిదు చుక్కలకు చోటు లేదేమో గాని, నాలుగుకు తప్పక చోటున్నది, అని మీరు సమాధానం ఇస్తారని చెప్పగలను.

కేవలం మూడు చుక్కలకు మాత్రమే చోటున్నది. ఆ పైన లేదు! అంటే మీరు

నమ్మరు. కొలిచి చూస్తే మీ తప్పును తెలుసుకుంటారు. తెల్లటి భాగాలకన్న నల్లటి భాగాలు చిన్నవిగా కనబడటం ఒక భ్రమ. దానిని "ఇర్రేడియేషన్" అంటారు. కంటిలోని అనంపూర్ణత్వంచేతనే ఇలాటి భ్రమ కలుగుతుంది. చాక్షుషశాస్త్రరీత్యా కన్ను నిర్దుష్టమయినది కాదు. కెమేరాను చక్కగా ఫోకసు చేసినప్పుడు గరుకు గాజు పలకపైన పడే బొమ్మలాటి సుస్పష్టమయిన బింబం కంటిలోని వక్రీభవన యానకాలవల్ల నేత్ర పటలంపైన పడదు. గోళీయ విపథనము (spherical aberration) మూలాన పడే బింబాలలో కాంతివంతమయిన భాగాల చుట్టూ వెలుగు "అంచు" ఏర్పడి ఆ భాగాలు పెద్దవిగా కనిపిస్తాయి. అందుచేతనే కాంతిగల భాగాలు అదే ప్రమాణంగల నల్లని భాగాలకన్న హెచ్చు ప్రమాణంలో కనిపిస్తాయి. [దీనికి మంచి ఉదాహరణ ఎలక్ట్రిక్ బల్బులో ఉండే ఫిలమెంటు. దీనిని పగటి పూట చూస్తే వెంట్రుకలాగా చాలా సన్నగా ఉంటుంది. కాని రాత్రి వెలిగేటప్పుడు చాలా మందంగా కనిపిస్తుంది. — అను.]

చిత్రం 136. కింది చుక్కకు, ఎగువ చుక్కలలో ప్రతి ఒకదానికి మధ్యగల ఖాళీ పైచుక్కల వెలుపలి అంచుల మధ్యగల దూరంకంటె చాలా హెచ్చుగా కనబడుతుంది, కాని వాస్తవానికి ఒకటే.

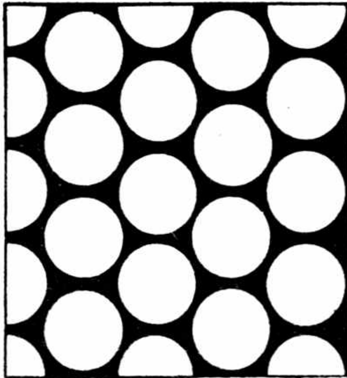
ప్రఖ్యాత జర్మన్ కవి గోథే ప్రకృతిని జిజ్ఞాసతో గమనించిన వాడే గాని భౌతికశాస్త్రంలో అంత గట్టివాడు కాదు. ఆయన "వర్ణ సిద్ధాంతం" (*Theory of Colours*) అనే తన గ్రంథంలో దీనిని గురించి ఇలా రాశాడు:

"ఒక నల్లని వస్తువు అదే ప్రమాణంగల తెల్లటి వస్తువుకన్న చిన్నదిగా కనిపిస్తుంది. ఒక నల్ల బల్లమీద గల తెల్లని చుక్కను, తెల్లని బల్లమీద అదే ప్రమాణం గల నల్ల చుక్కను ఒకేసారి చూసినట్టయితే రెండవది మొదటి దానికన్న సుమారు అయిదో వంతు తక్కువగా కనిపిస్తుంది. నల్ల చుక్కను తగినంతగా పెద్దచేస్తే రెండూ ఒకే ప్రమాణంలో కనిపిస్తాయి. చంద్రవంక చక్రంలో ఒక భాగంగా కనిపిస్తుంది గాని ఆ చక్రంయొక్క వ్యాసం అప్పుడప్పుడు మనకు బాగా కనిపించే నల్లగా వున్న మిగిలిన చంద్రుడి భాగం వ్యాసంకన్న హెచ్చుగా వున్నట్టు కనబడుతుంది. తెల్లదుస్తులలోకన్న నల్లదుస్తులలో మనుష్యులు సన్నంగా కనిపిస్తారు. ఒక అంచువెనుక దీపముంటే ఆ అంచు అణచుకుపోయినట్లు కనిపిస్తుంది. కొవ్వొత్తి దీపానికి రూళ్ల కర్ర అడ్డంగా ఉంచి చూస్తే జ్వాల కనబడేచోట రూళ్ల కర్రలో

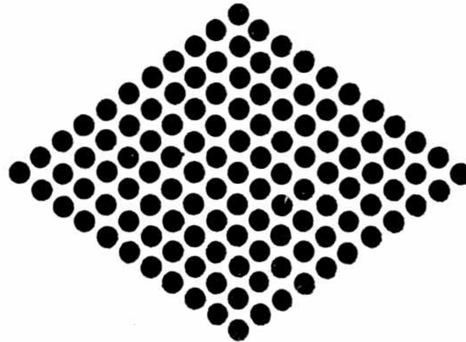
గాటు పెట్టినట్టుగా కనిపిస్తుంది: సూర్యుడు ఉదయించేటప్పుడూ, అస్తమించేటప్పుడూ దిఙ్మండలం సొట్టపడ్డట్టు ఉంటుంది.''

తెల్లచుక్క సమానప్రమాణంగల నల్లచుక్కకన్న ఎప్పుడూ ఒకే నిష్పత్తిలో పెద్దదనే విషయం తప్ప గోథే చెప్పిన విషయాలన్నీ నిజమే. వాటి ప్రమాణాలలో తేడా మనం వాటిని ఎంత దూరంనుంచి చూస్తున్నామనే దానిపై ఆధారపడుతుంది.

చిత్రం 136ను ఇంకా దూరంనుంచి చూడండి. భ్రమ మరింత జాస్తి అవుతుంది. మనం అనుకున్న అదనపు అంచు వెడల్పు ఎల్లప్పుడూ ఒకటే. దగ్గరనుంచి చూస్తే తెల్ల మేర అదనపు అంచువలన పది శాతం హెచ్చుగా వుంటుంది. దూరంనుంచి చూస్తే యీ అదనపు ''అంచు'' తెల్ల మేరలో 30% నుంచి 50% దాకా పెరుగుతుంది; ఎందుచేతనంటే దూరంనుంచి చూసినకొద్దీ నల్లచుక్క తక్కువ ప్రమాణంలో కనిపిస్తుంది. కాని, దాని ''అంచుయొక్క'' ప్రమాణం మారదు. యీ కారణంచేతనే చిత్రం 137 దగ్గరనుంచి చూస్తే నల్లని బాక్‌గ్రౌండుమీద ఎన్నో తెల్లని చుక్కలు కనిపిస్తాయి. రెండు మూడు అంగల దూరంనుంచి (మీ దృష్టి మంచిదైతే ఆరు, ఎనిమిది అంగల దూరంనుంచి)



చిత్రం 137. దూరానికి తెల్లని చుక్కలు షడ్భుజాలుగా కనబడతాయి.



చిత్రం 138. దూరానికి నల్లని చుక్కలు షడ్భుజాలుగా కనపడతాయి.

చూస్తే చిత్ర రూపం పూర్తిగా మారుతుంది. చుక్కలకు బదులు షడ్భుజాలు కనిపించి బొమ్మ తేనెతుట్టెలాగా కనబడుతుంది.

తెల్ల బాక్‌గ్రౌండుపైన నల్లచుక్కలు (చిత్రం 138) కూడా దూరంనుంచి షడ్భుజాలలాగా కనిపిస్తాయని గమనించినప్పటినుంచీ యీ భ్రమకు ''ఇర్రేడియేషన్'' కారణమన్నది నాకంతగా సంతృప్తికరంగా లేదు; ''ఇర్రేడియేషను'' వల్ల నల్లచుక్కల

ప్రమాణం తగ్గాలి గాని పెరగకూడదు. దృగ్భ్రమల గురించి లభ్యమవుతున్న వివరణలు సాధారణంగా అంత తృప్తికరంగా వుండడం లేదన్నది కూడా గమనించాలి. ఆ మాటకు వస్తే అనేక భ్రమలకింతవరకు ఏ వివరణా లేదు.

ఏది హెచ్చు నలుపు?

చిత్రం 139 కన్నుయొక్క లోపాలలో మరొకటైన "అసమదృష్టి" (astigmatism)ని వ్యక్తం చేస్తుంది. చిత్రం కేసి ఒంటి కంటితో చూడండి. అన్ని అక్షరాలూ సమమయిన నలుపు కలిగి కనుపించవు. నాలుగు అక్షరాలలోనూ ఏది హెచ్చు నల్లగా కనిపిస్తుందో గుర్తు పెట్టుకుని చిత్రాన్ని అడ్డంగా తిప్పండి. అనుకోని మార్పు చూస్తారు. మీరు నల్లగా ఉన్నదనుకున్న అక్షరం నల్లగా లేక మరొక అక్షరం ఎక్కువ నల్లగా కనబడుతుంది.

వాస్తవానికి నాలుగు అక్షరాలూ ఒకే నలుపు కలవి; నాలుగింటి చారలు నాలుగు విధాలుగా ఉన్నాయి. అంటే మన కన్ను ఖరీదైన గాజు కటకమంత నిర్దుష్టమయినదయితే అక్షరాల మలుపువలన నలుపులో వ్యత్యాసం కనబడదు. కాని మన కన్ను కాంతికిరణాలను అన్ని వైపులా ఒకే విధంగా వక్రీభవింపజేయదు కనక, మనం నిలువుగీతలనూ, అడ్డగీతలనూ, ఏటవాలు గీతలనూ ఒక్కసారిగా ఒకే స్పష్టతతో చూడలేము.



చిత్రం 139. ఈ అక్షరాలను ఒంటి కంటితో చూస్తే వాటిలో ఒకటి మిగిలిన వాటికన్న ఎక్కువ నల్లగా కనపడుతుంది.

యీ లోపం లేని కళ్లు కలవారు చాలా అరుదు. కొంతమందికి "అసమదృష్టి" చాలా హెచ్చుగా వుండి, వారి దృష్టి తీవ్రతను కోల్పోయి బాగా దెబ్బతింటుంది. అలాటివారు బాగా చూడగలుగుటకై ప్రత్యేకమైన కళ్లజోళ్లు వాడవలసి వుంటుంది.

మన కళ్లలో యింకా యితర "ఆంగిక" లోపాలున్నాయి. అటువంటి లోపాలకు కళ్లజోళ్లు వగైరా తయారుచేసేవారు చోటు ఇవ్వరు. ఈ లోపాలను గురించి హెల్మ్‌హోల్ట్స్ మహా

శయుడు ఇలా అన్నాడు: "అలాటి లోపాలుగల అద్దాలను కళ్లజోళ్లు తయారుచేసేవాడు నాకు అమ్మాలనుకునే పక్షంలో అతని అజాగ్రత్తకు అతన్ని ముక్కచివాట్లు పెట్టి ఆ అద్దాలను అతని ముఖాన కొట్టడంలో తప్పు లేదనుకుంటాను." [కళ్లకన్న అద్దాలు నిర్దుష్టంగా వుంటాయని తాత్పర్యం. — అను.]

కళ్లలో స్వతస్సిద్ధంగా ఉండే లోపాలవల్ల కలిగే భ్రమలే కాక, ఇతర కారణాలవల్ల వాటికి కలిగే భ్రమలు కూడా యింకా అనేకం వున్నాయి.

తేరి చూసే చిత్తరువు

సూటిగా మన కళ్లలోకి చూడటమే కాక మనం కదలినా మనకేసే చూసే చిత్తరువులను ఎప్పుడో ఒకప్పుడు మనం అందరమూ చూసి వుంటాము. యీ రకం చిత్రాల ప్రత్యేకత ఏనాడో బయటపడింది. కాని ఎల్లప్పుడు చాలా మందికిది మాయగా తోచింది. గుండెబలహీనత కలవార్ని భయపెట్టింది కూడా. "చిత్తరువు" అనే కథలో ప్రఖ్యాత రష్యన్ రచయిత నికొలాయ్ గోగొల్ దీన్ని పోలిన విషయమే అద్భుతంగా వర్ణించాడు.

"ఆ కళ్లు అతన్ని తొలిచాయి. వాటికి అతన్ని తప్ప యింకేమీ చూడాలని వున్నట్టు లేదు.... చిత్తరువు అతని చుట్టూ ఉన్న మిగిలినవాటినన్నిటిని విడిచిపుచ్చి, సూటిగా అతని వంక, ఇంకా అతనిలోనికీ అదే పనిగా చూస్తోంది...."

వింత అయిన ఇలాటి చిత్తరువులలోని కళ్ల ప్రత్యేకత గురించి అనేక మూఢ నమ్మకాలూ కట్టుకథలూ పుట్టాయి. అందులో వాస్తవంగా దృగ్భ్రమ తప్ప మరేమీ లేదు.



చిత్రం 140. విచిత్రమైన చిత్తరువు.

కిటుకేమిటంటే ఇలా చూసే చిత్తరువులో కనుపాపలు కనిగుడ్లకు మధ్యలోనే ఉండి, మనకేసి సూటిగా చూస్తున్న మనిషి కళ్లలో కనుపాపలు ఉన్నట్టుగా ఉంటాయి. ఎవరైనా మనకు పక్కగా చూస్తున్నప్పుడు కనుపాపా నల్లగుడ్డూ కంటి మధ్య వుండక ఒక పక్కగా జరిగి వుంటాయి. చిత్తరువులో మాత్రం మనం ఏ పక్కకు

వెళ్లినా కనుపాప కంటి మధ్యనే వుంటుంది. ఎటునుంచి చూసినా చిత్తరువులోని ముఖం మనవైపునుండి ఒకే విధంగా కనిపిస్తుంది. కనక చిత్తరువు తల మనం ఎటు తిరిగితే అటు తిరుగుతూ మనవైపే చూస్తున్నదనిపించటం సహజం.

మనలో ప్రశ్నలు ఉదయింపజేసే మరికొన్ని చిత్రాలలో గల ప్రత్యేకతకూ యిదే కారణం. గుర్రపు చిత్తరువునుండి ఎంత పక్కకు జరిగి చూసినా గుర్రం మనమీదికే వస్తున్నట్టుంటుంది; చిత్తరువులోని వ్యక్తి తన వేలుతో మనవైపే చూపిస్తున్నట్టుంటుంది; ఇలా ఇంకా ఎన్నో చిత్రాలున్నాయి. 140 అలాటి చిత్తరువే. ఇలాటి చిత్తరువులను తరుచు ప్రకటనలకూ ప్రచారానికీ వుపయోగిస్తారు.

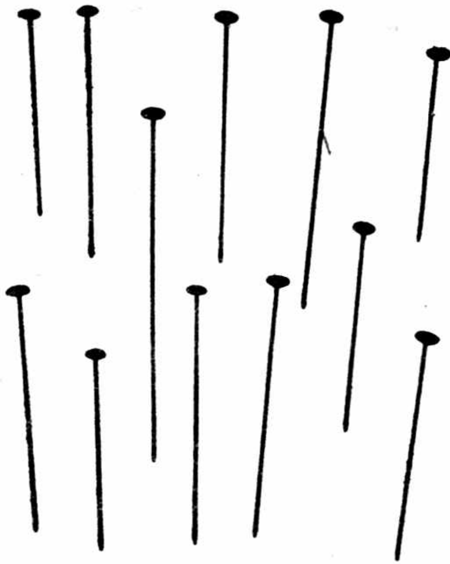
ఈవిధమైన దృగ్భ్రమలకు కారణమేమిటని బాగా ఆలోచిస్తే అర్థమయ్యేదే మంటే: ఈ భ్రమలు ఏవిధంగానూ విచిత్రం కాకపోగా, చిత్తరువులలో ఈ భ్రమలే లేకుంటే నిజంగా విచిత్రంగానే ఉండేది.

మరి కొన్ని దృగ్భ్రమలు

చిత్రం 141లో వున్న గుండుసూదులలో అసాధారణ విషయమేమీ కనిపించదు. అయితే మరి పుస్తకాన్ని కంటితలమున ఎత్తి పట్టుకుని, ఒక కన్ను మూసి, మీ దృష్టిని గుండుసూదుల వెంబడి జరపడానికి ప్రయత్నించండి. గుండుసూదులను పొడిగిస్తే వాటి రేఖలు కలిసే చోట మీ కన్నుండాలి. అప్పుడా గుండుసూదులు కాగితంమీద నిట్టనిలువుగా గుచ్చి వున్నట్టు మీకు అనిపిస్తుంది. మీ తల పక్కకు జరిపితే జరిపిన వైపే సూదులు కూడా వాలినట్టు కనిపిస్తుంది.

కాగితంలో నిలువుగా గుచ్చబడిన గుండుసూదులను పైన చెప్పబడిన విధంగా ఒక పక్కనుండి చూస్తే ఏవిధంగా కాగితంపై బొమ్మ ఏర్పడగలదో ఆవిధంగానే గుండుసూదుల గీతలు గీయబడినవి. ఈవిధమైన పర్యాలోకపు (పెర్స్పెక్టివ్) నియమాలు పై భ్రమను నిర్దేశించును.

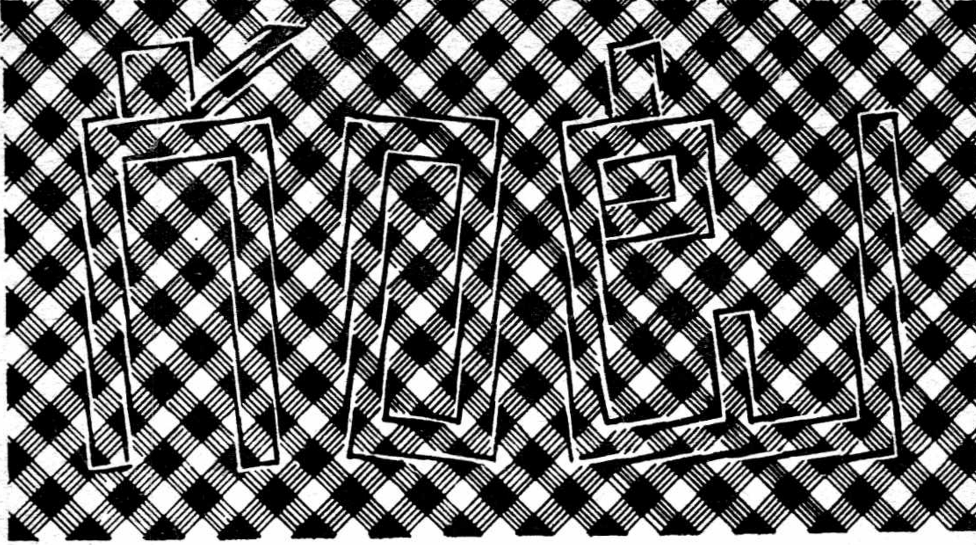
మనం దృగ్భ్రమలకు గురికావడం అంతా దృష్టిలోపం మాత్రమే అని అనుకోరాదు. ఇందువల్ల సాధారణంగా మనం గుర్తించని మిక్కిలి లాభకరమైన సౌకర్యము ఒకటి ఉన్నది; కంటిలో ఈ దృగ్భ్రమలే కలగనట్లయితే చిత్రలేఖన ఉండకపోయేదే. చిత్రకళలు మనకు ఆనందం చేకూర్చలేవు కూడా. మన దృష్టిలోపాల ఈ లోపాలను కళాకారులు విరివిగా ఉపయోగించుకుంటున్నారు.



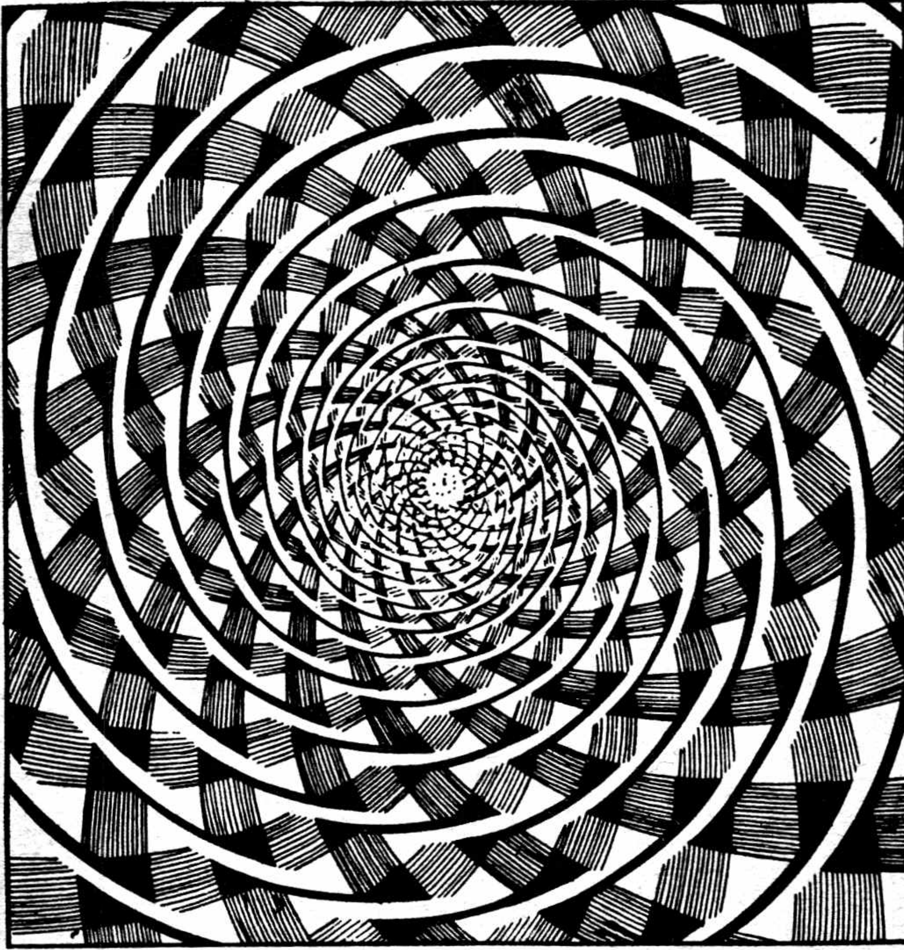
చిత్రం 141. ఒక కన్ను మూసి రెండో కంటితో పిన్నుల రేఖలు కలుసుకునేటట్టు కనబడేచోట చూడండి, కాగితంమీద పిన్నులు నిటారుగా గుచ్చి ఉన్నట్టు కనబడతాయి. పుస్తకాన్ని నింపాదిగా అటూ ఇటూ జరిపితే పిన్నులు అటూ ఇటూ జరుగుతూన్నట్టు అనిపిస్తుంది.

18వ శతాబ్దినాటి మేధాసంపన్నుడైన శాస్త్రజ్ఞుడు యూలర్ తన "భౌతికశాస్త్ర లేఖలు" (*Letters on Various Physical Subjects*) అనే పుస్తకంలో ఈవిధంగా అన్నాడు: "చిత్రకళ అంతా యీ భ్రమలపైననే ఆధారపడి ఉన్నది. ఉన్నది ఉన్నట్టుగానే మనం విమర్శించినట్టయితే యీ కళ (చిత్రకళ) వుండకపోయేది. మనం గుడ్డివాళ్లవలె ఉండేవాళ్లం. రంగులను మేళవించటానికి చిత్రకారుడు చేసే యత్నం వృథా. యిక్కడ ఎర్రని చుక్కనీ, అక్కడ నీలపు చుక్కనీ, అక్కడ నల్లని చుక్కనీ, ఇక్కడ తెల్లని చారలనీ మనం అనేస్తాం. బొమ్మ అంతా ఒకే తలంలో ఉండేది. దూరంలో భేదం ఉండేది కాదు. ఏ ఒక్క వస్తువును కూడా చిత్రించ వీలులేకపోయేది. చిత్రకారుడు ఏది చిత్రించినప్పటికీ అదంతా మనకు కాగితంమీద రాతలాగా ఉంటుంది. మన దృష్టి నిర్దుష్టంగా ఉన్న కారణంచేత మనకు ప్రతి రోజూ సంతోషకరమైన, ప్రయోజనకరమైన కళ ఇచ్చే తృప్తి అనుభవించలేకపోతే మనల్ని చూసి మనమే జాలి పడవలసిందే కదా!"

దృగ్భ్రమలు అనేకం ఉన్నాయి. వాటితో ఆల్బమ్‌లు నింపవచ్చు. వాటిలో కొన్ని సామాన్యమయినవి. మిగిలినవి అందరికీ అంతగా తెలియవు. తమాషా అయిన దృగ్భ్రమలు కొన్ని ఉదహరిస్తాను. చిత్రాలు 142, 143లో తీగెవల బాక్‌గ్రౌండుమీదగల గీతలు చాలా బలమైన భ్రమ కలిగించును. చిత్రం 142లోని అక్షరాలు నిటారుగా ఉన్నాయనీ; చిత్రం 143లోనివి వలయాలేనని సర్పిలాయి కాదనీ నమ్మడం మరీ కష్టం. పెన్సలుతో వలయాలను వ్యాసార్ధం మార్చకుండా గీసి చూస్తే తప్ప అవి నిజంగా వలయాలేనని బోధపడదు. చిత్రం 144లో రేఖ *AC* రేఖ *AB* కన్న చిన్నదిగా కనిపిస్తుంది. కొలిచి చూస్తే తప్ప రెండూ సమమైనవేనని తెలియదు. 145, 146, 147, 148 చిత్రాలలో గల భ్రమల వివరణ వాటి దిగువనే రాసి ఉన్నది. చిత్రం 147లో నిరూపించిన భ్రమ ఎంత వాస్తవమైనదో ఈక్రింది సంఘటన స్పష్టం చేస్తుంది. నా యీ గ్రంథంయొక్క పూర్వముద్రణకర్త



చిత్రం 142. అక్షరాలు నిటారుగానే ఉన్నాయి.



చిత్రం 143. ఇది సర్పిలం కాదు. వంకర గీతలన్నీ వలయాలే పెన్‌సలు ముక్కును వాటి వెంబడి పోనిచ్చి చూస్తే ఆ సంగతి స్పష్టమవుతుంది.

యీ బొమ్మయొక్క ముద్ర (బ్లాకు) చూసి తెల్లచారలు కలిసిన చోట నల్లని మరకలున్నా యనుకుని వాటిని తొలగించటానికి తిప్పి పంపబోతుండగా నేను నివారించి ఆయనకు అసలు భ్రమను వివరించాను.

హ్రస్వదృష్టి

కళ్లజోడు లేకుండా హ్రస్వదృష్టిగలవాడు సరిగా చూడలేడు. కాని అతనికి నిజానికి ఏం కనిపిస్తుందో వస్తువులు ఏవిధంగా కనిపిస్తాయో దృష్టిదోషం లేనివారు సరిగా ఊహించ లేరు. చాలామందికి హ్రస్వదృష్టి కలదు. అందువలన వారి దృష్టిలో చుట్టూ ఉన్న ప్రపంచం ఎలా వుంటుందో తెలుసుకోవడం ఉపయోగకరం.

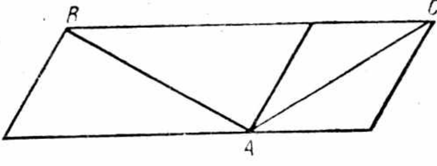
మొట్టమొదటిగా చెప్పాల్సింది ఏమంటే: హ్రస్వదృష్టికలవాడికి ఏదీ స్పష్టంగా కనిపించదు. అన్ని వస్తువులూ కరిగిన ముద్దలలాగా కనిపిస్తాయి. మామూలు దృష్టికల వాడికి చెట్టువంక చూస్తే ఆకాశానికి అడ్డంగా ఆకులూ, కొమ్మలూ స్పష్టంగా కనిపిస్తే, హ్రస్వదృష్టిగలవాడికి ఆకుపచ్చరంగు మరకలు ముద్దలుముద్దలుగా కనిపిస్తాయి. చిన్నచిన్న భాగాలు అసలే కనబడవు.

మనుష్యుల ముఖాలలో దృష్టిలోపంలేనివారికి కనిపించే దానికన్న తక్కువ వయస్సూ ఎక్కువ అందమూ కనిపిస్తాయి. ముఖంమీది ముడతలూ, ఇంకా ఇతర చిన్నచిన్న లొసుగులూ కనబడవు. మేకప్‌చేత అయితేనేం, సహజంగా అయితేనేం ఎర్రగా మొరటుగా ఉండే ముఖాలు నేవళమైన గులాబీరంగులో కనిపించవచ్చు. మన పరిచయస్థులలో కొందరు వయస్సు అంచనా కట్టడంలో ఇరవై ఏళ్లు తక్కువ చెప్పితే మనం ఆశ్చర్యపోతాం. సరి అయిన దృష్టిగలవాడి సౌందర్య పిపాసతో పోలిస్తే వీరి ప్రవర్తన చాలా విడ్డూరంగా ఉంటుంది. వీరు మన కళ్లలోకి సూటిగా చూస్తూ కూడా తెలుసుకోడానికి ప్రయత్నించనట్లు కనబడతారు. ఇలాటివి తరచు హ్రస్వదృష్టివలననే జరుగుతాయి.

19వ శతాబ్దికి చెందిన మహాకవి పూష్కిన్ మిత్రుడైన రష్యన్ కవి దెల్విగ్ ఈవిధంగా అన్నాడు: ''నేను 'లిత్సేయి'*లో ఉండగా నేను కళ్లజోడు వేసుకోరాదని నిషేధించారు. అయితే నా పరిచితురాండ్రందరూ ఎంతో అందంగా కనబడేవారు. నా చదువు పూర్తి అయాక నాకు కలిగిన షాక్ ఏమని చెప్పను!'' హ్రస్వదృష్టిగలవాడు (కళ్లజోడు లేకుండా) మీతో

---

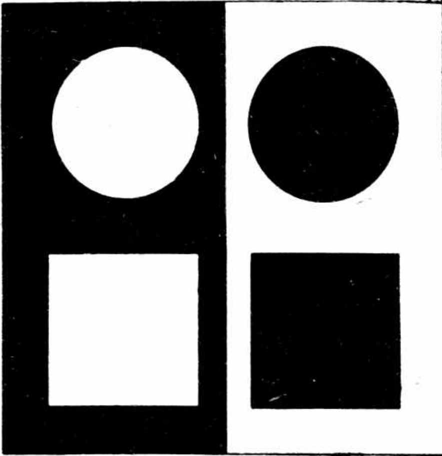
*జారుల కాలంలో కులీనవంశస్థుల బిడ్డలకొరకై ఉండిన ఉన్నత పాఠశాల. — సం.



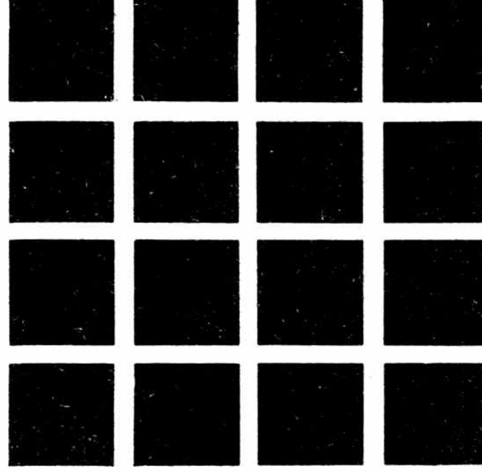
చిత్రం 144. AC కన్న AB దీర్ఘంగా కనిపిస్తుంది కాని రెండూ సమానమే.



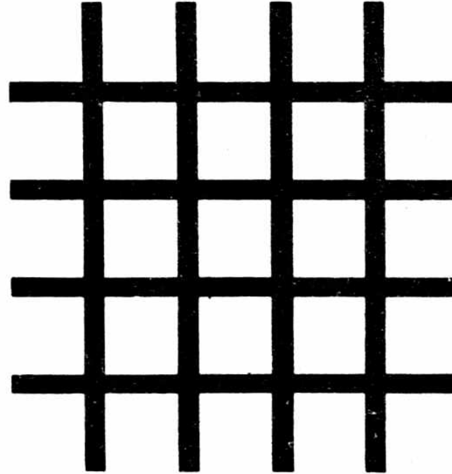
చిత్రం 145. ఏటవాలుగీత విరిగినట్టు కనిపిస్తుంది.



చిత్రం 146. నల్లచదరమూ, తెల్లచదరమూ ఒకే ప్రమాణము, అలాగే నల్లచుక్క, తెల్లచుక్క కూడా సమానమే.



చిత్రం 147. తెల్లచారలు కలిసేచోట బూడిద రంగు మరకలు కనిపించి మాయమవుతున్నట్టుంటాయి. కాని తెల్లచారలు పొడుగునా తెల్లనివే. నల్లగళ్లను కాగితంతో మూసి చూస్తే ఆ సంగతి స్పష్టమవుతుంది. నలుపు తెలుపుల మధ్య వ్యత్యాసము ఈ భ్రమకు కారణం.



చిత్రం 148. నల్లగీతలు కలిసే చోట అస్పష్టమైన బూడిదరంగు మరకలు కనిపించి మాయమవుతున్నట్టు తోస్తుంది.

మాట్లాడేటప్పుడు మీ ముఖం చూడడు. ఒకవేళ అతను చూస్తున్నా మీరనుకునేది అతనికి కనబడదు, మీ ఆకారం అతనికి మబ్బుగా కనిపిస్తుంది. మరొక గంట పోయాక అతను మిమ్మల్ని గుర్తించలేకపోతే అందులో ఆశ్చర్యం లేదు. చాలామంది హ్రస్వదృష్టికలవారు అవతలి వారిని ఆకారాన్నిబట్టికంటే కంఠధ్వనినిబట్టే బాగా గుర్తిస్తారు. చూపు మందమయినందుకు పరిహారంగా శ్రవణం మరింత చురుకుగా వుంటుంది.

హ్రస్వదృష్టిగలవారికి రాత్రివేళ దృష్టి ఎలా వుంటుందో తెలుసుకోవడం కూడా ఆసక్తికరంగా ఉంటుంది. వీధి లాంతర్లు, దీపాలు వెలుగులో ఉండే కిటికీలు మొదలైన కాంతివంతమైన వస్తువులు ఎంతో గొప్ప ప్రమాణంలో వున్నట్టు కనిపిస్తాయి. మిగిలిన ప్రపంచమంతా ఒక చీకటి ముద్దలా కలగాపులగంగా నల్లనల్లని అస్పష్టమయిన ఆకారాలతో కూడి వున్నట్టు వుంటుంది. హ్రస్వదృష్టికలవారికి వీధి దీపాలు బారుకట్టి కనిపించవు. రెండు మూడు పెద్ద వెలుగుముద్దలు మాత్రమే కనిపిస్తాయి. వాటివెనుక మిగతా వీధి మూయబడుతుంది. వారు తమకేసి వచ్చే మోటారుకారును చూడలేరు. ముందుండే రెండు లైట్ల పరివేషాలు, వాటివెనుక అంతా నల్లని ముద్ద మాత్రమే కనిపిస్తుంది.

రాత్రివేళ ఆకాశంతో సహా హ్రస్వదృష్టికి మామూలు కళ్లున్న వాడికన్న వేరుగా కనిపిస్తుంది. మొదటి 3 – 4 నక్షత్ర పరిమాణాలుకల నక్షత్రాలను మాత్రమే హ్రస్వదృష్టి చూడగలదు. అంచేత వేల కొద్దీ ఉన్న నక్షత్రాలలో కొన్ని వందలు మాత్రమే అతడు చూడగలడు. అయితే ఈ కొద్ది నక్షత్రాలు అతనికి పెద్ద దీపాలలాగ కనిపిస్తాయి. హ్రస్వదృష్టికి చంద్రుడు ఎంతో పెద్దగా, దగ్గరగా కనుపిస్తాడు. అర్ధచంద్రుడు ఒక వింత ఆకారంలో కనిపిస్తాడు.

ఈ వికృతత్వాలకి, పెద్దదయినట్లు కనిపించడానికి కారణం హ్రస్వదృష్టియొక్క కన్ను నిర్మాణమే. అతడి కన్ను చాలా లోతు – ఎంత లోతంటే కన్ను భాగాల వక్రీభవనంవలన వెలుపలి వస్తువులనుంచి వచ్చే కిరణాలు నేత్ర పటలంమీద కాక దానికి ముందే కేంద్రీకృతమవుతాయి. కన్నులో భాగాన్ని కప్పే నేత్ర పటలంమీద అపసరణ కిరణపుంజాలు పడి అలుకుకుపోయిన బింబాన్ని కలుగచేస్తాయి.

పదవ అధ్యాయం

ధ్వని, శ్రవణమూ

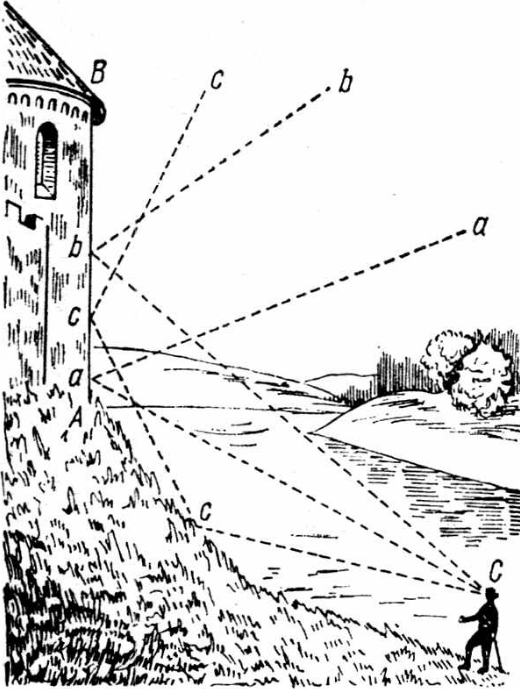
ప్రతిధ్వనికోసం వేట

కనలేదు దాని నెవడూ,
వినడం — విన్నాడు ప్రతివొకడూ,
అశరీరియై బతుకుతోందది,
అకంఠియై అరుస్తోంది.

నెక్రాసొవ్

ప్రతిధ్వనులను కూడబెట్టే ఒక వ్యక్తి — అలాటి వాళ్ళుంటారని మనం వూహించను కూడా లేం — పడే పాట్లను గురించి మార్క్ ట్వెన్ ఒక కథ రాశాడు. ఏ ప్రాంతంలో బహు ప్రతిధ్వనులుగాని అసాధారణ ప్రతిధ్వనులుగాని వచ్చినా సరే ఆ విచిత్ర వ్యక్తి నానా అవస్థలూ పడి ఆ ప్రాంతాలను కొనేవాడు.

"అతను మొట్టమొదట జార్జియాలో కొన్న ప్రతిధ్వని నాలుగు మారులు వినపడేది; తరువాత ఆరు సార్లు వినపడే దాన్ని మేరీలాండులో కొన్నాడు; తర్వాత మెయిన్‌లో 13 సార్లు వినిపించేది కొన్నాడు. ఆ తరువాత కాన్‌జాన్‌లో 9 సార్లు వినిపించేది కొన్నాడు; తర్వాత టెనెసీలో 12 సార్లు వినిపించేది కొన్నాడు; ఇది చౌకగా వచ్చిందని చెప్పాలి. ఎందుకంటే ప్రతిధ్వనించే రాతి ముఖంలో కొంత భాగం శిథిలమయి మరమ్మతు కోరే స్థితిలో ఉండింది. అతను (ఆ రాతి ముఖాన్ని) పూర్తి చేయడంవల్ల దాన్ని బాగు చేయవచ్చు ననుకున్నాడు. అయితే యీ పనికి ఒప్పుకున్న శిల్పి ప్రతిధ్వనులు కట్టడంలో పూర్వానుభవం లేనివాడు కావడంచేత, పని



చిత్రం 149. ప్రతిధ్వని లేదు.

అంతా పాడుచేశాడు, మరమ్మతు అయిన తరవాత మూగ చెవిటివాళ్లకి ఆశ్రయానికి యివ్వడానికి తప్ప పనికి రాకుండా పోయింది....''

ఇదంతా హాస్యం. కాని కొన్ని ప్రత్యేక ప్రాంతాలలో — ప్రధానంగా పర్వత ప్రదేశాలలో — అద్భుతమయిన బహుళ ప్రతిధ్వనులు విచక్షణగా వినిపిస్తాయి. వీటిలో కొన్ని చిరఖ్యాతి గలవి.

ప్రసిద్ధమయిన వాటిని కొన్నిటిని ఉదహరిస్తాను. ఇంగ్లండులోని వుడ్‌స్టాక్ దుర్గం ప్రతిధ్వని 17 విడి అక్షరాలను స్పష్టంగా వినిపించగలదు. హాల్బర్‌ష్టాట్‌వద్దగల డెరెన్‌బుర్గ్ కోట శిథిలాలలో ఒక గోడని పగలగొట్టక పూర్వం 27 అక్షరాలను ప్రతిధ్వనించింది. చెకొస్లొవేకియాలో అడెర్సుబాహ్‌వద్ద ఒక కొండల వలయం మధ్య ఒక ప్రత్యేక స్థానంనుంచి 7 అక్షరాలు ముమ్మారు ప్రతిధ్వనించడం వినిపిస్తుంది. ఆ స్థానంనుంచి కొద్ది అంగలు ఎడంగా వెడితే తుపాకీ కాల్పుకు కూడా ప్రతిధ్వని రాదు. మిలాన్‌వద్ద ఒక కోటలో (ఇప్పుడా కోట లేదు) చక్కని ప్రతిధ్వనులు అనేకం వినిపించేవి. ఆ కోటయొక్క ఒక భాగంలోని కిటికీనుంచి తుపాకీ పేలిస్తే 40నుంచి 50దాకా ప్రతిధ్వనులు వినిపించాయి. పెద్ద గొంతుతో ఒక్క మాట ఉచ్చరిస్తే దానికి రమారమి 30 ప్రతిధ్వనులు వినిపించాయి.

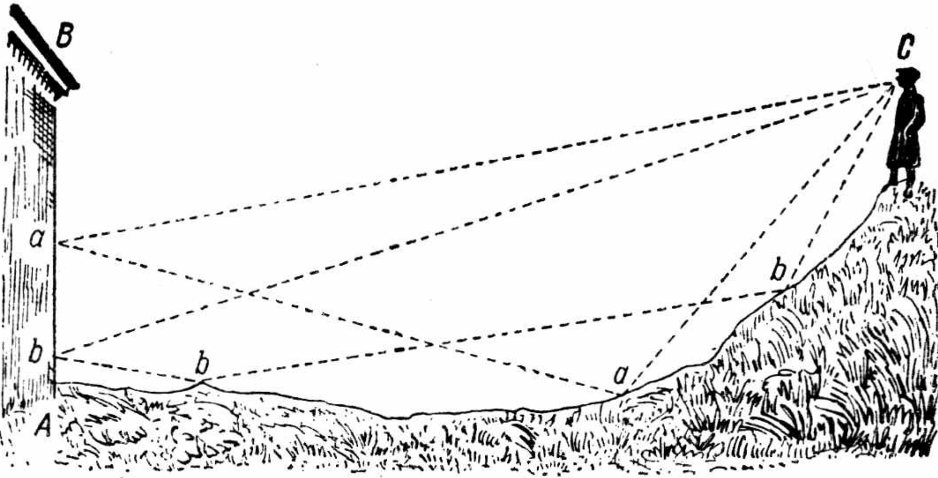
విస్పష్టమైన ఒంటి ప్రతిధ్వని ఇచ్చే స్థలాన్ని వెతకడం తేలిక కాదు. మైదానాలమీద కన్న పర్వత మయ ప్రాంతాలలో ప్రతిధ్వనులు వైవిధ్యం కలవిగా ఉంటాయి. అయితే అవి అరుదు. చుట్టూ అరణ్యం ఉన్న మైదానంలోకంటె పర్వత ప్రాంతంలో ప్రతిధ్వనిని వినడం కష్టం.

ఇది ఎంచేతో మీకిప్పుడే అర్థం అవుతుంది. ధ్వని తరంగాలకేదో అడ్డు తగిలి అవి పరావర్తనం చెందడంచేతనే ప్రతిధ్వని కలుగుతుంది. కాంతి పరావర్తన సందర్భంలోలాగే ''ధ్వనికిరణపు'' పతనకోణం దాని పరావర్తన కోణానికి సమానం. (ధ్వనికిరణం — ధ్వని తరంగాలు పరిగెత్తే దిశ.)

మీరు గుట్ట దిగువన ఉన్నారనుకోండి (చిత్రం 149). ధ్వనిని పరావర్తించే అవాంతరం మీకన్న ఎత్తు ఉంటుంది, ఉదాహరణకు *AB*. అందుచేత *Ca*, *Cb*, *Cc* రేఖల వెంబడి ప్రసార మయ్యే ధ్వనితరంగాలు పరావర్తనం చెంది మీ చెవి చేరక *aa*, *bb*, *cc* రేఖల వెంబడి గాలిలోకి వెళ్లిపోతాయి. ఈ విషయం సులభగ్రాహ్యం. అలా కాక మీరు కాని అవాంతరంతో పాటు ఒకే ఎత్తులోనో లేక ఇంకా కొంచెం ఎత్తుగానో ఉన్నట్టయితే అది వేరే సంగతి (చిత్రం 150). దిగువకు *Ca*, *Cb* ల వెంబడి ప్రసరించే ధ్వని *CaaC*, *CbbC* అనే విరిగిన గీతల వెంబడి ఒకటి, రెండు సార్లు నేలమీదే పరావర్తనం పొంది తిరిగి వస్తుంది. మధ్య ఉండే పల్లం నతోదరంగల (పుటాకారంగల) దర్పణంలాగ పని చేయడంచేత ప్రతిధ్వని మరింత స్పష్టంగా ఉంటుంది. *C*, *B* ల మధ్య దిబ్బ ఉన్నట్టయితే, ఉన్నతోదరంగల కుంభా

కారంగల దర్పణం కాంతిని చెదరగొట్టినట్టుగా, అది ధ్వనిని చెదరగొట్టి ప్రతిధ్వనిని అస్పష్టం చేయవచ్చు, లేదా ప్రతిధ్వని వినిపించకుండా కూడా పోవచ్చు.

ఎగుడు దిగుడుగా ఉండే ప్రాంతంలో ప్రతిధ్వని ఆలకించే వడుపు సంపాదించాలి. అనుకూలమైన స్థలం దొరికినప్పటికీ మీకు ప్రతిధ్వని తెప్పించడం కూడా చేతనయి ఉండాలి. మొదటి సంగతి, ప్రతిధ్వనిని కలిగించే అవాంతరానికి అతి దగ్గరగా నిలబడరాదు. ధ్వని తరంగాలు ప్రయాణించడానికి తగినంత దూరం ఉండాలి, లేకపోతే ధ్వని పూర్తిగాక మునుపే ప్రతిధ్వని వచ్చేసి రెండూ ఏకమయిపోతాయి. ధ్వని సెకండుకు 340 మీటర్ల దూరం ప్రయాణిస్తుంది గనక, అవాంతరానికి 85 మీటర్ల దూరంలో మనం ఉన్నట్టయితే ధ్వని వెంట అరసెకండు తరవాత మనం ప్రతిధ్వనిని వినాలి.



చిత్రం 150. ప్రతిధ్వని స్పష్టంగా ఉంటుంది.

ధ్వని ఎంత ఆకస్మికంగానూ బలంగానూ ఉంటే ప్రతిధ్వని అంత స్పష్టంగా ఉంటుంది. కరతాళ ధ్వని సర్వోత్తమం. మనిషి కంఠస్వరం అందులోనూ పురుష కంఠస్వరం అంత అనుకూలంగా ఉండదు. కీచుగొంతుగల స్త్రీల, పిల్లల స్వరాలకు స్పష్టమైన ప్రతిధ్వని వస్తుంది.

కొలబద్దగా ధ్వని

గాలిలో ధ్వనికి గల ప్రసారవేగం ఆధారంగా ఒక్కొక్కప్పుడు సమీపించ వీలులేని ప్రదేశాల దూరాన్ని అంచనా కట్టవచ్చు. ఇటువంటి విషయాన్ని జూల్స్ వెర్న్ "భూగర్భంలోకి యాత్ర" అనే నవలలో రాసాడు. భూగర్భంలో ఇద్దరు ప్రయాణీకులు, ప్రొఫెసరూ, ఆయన

అన్నకొడుకూ తమ భూగర్భాన్వేషణలలో ఒకర్నొకరు తప్పిపోతారు. చివరకు ఒకరి కేక ఒకరు వినగలిగిన తరువాత వారి మధ్య ఈవిధంగా సంభాషణ సాగుతుంది:

" 'చిన్నాన్నా,' అన్నాను. (ప్రొఫెసరు అన్నకొడుకు కథ చెపుతున్నాడు.)

" 'బాబూ,' అని కొంతసేపు అయిన తరువాత సమాధానం వచ్చింది.

" 'మనం ఒకరికొకరం ఎంత దూరంలో ఉన్నామో తెలుసుకోవడం అత్యవసరం.'

" 'అదేమంత కష్టంకాదు.'

" 'నీ క్రోనోమీటర్ [గడియారం] పనిచేస్తోందా?'

" 'అహా.'

" 'అయితే దాన్ని చేత పట్టుకుని నా పేరు పలకడం మొదలుపెట్టిన సెకండు గుర్తించు. ధ్వని నావద్దకి రాగానే నా పేరు తిరిగి పలుకుతాను. నా మాట ఎప్పుడు వినిపించినది మళ్లీ చూడు.'

" 'సరే. మొదటి కేకకు దానికి సమాధానానికి మధ్య కాలంలో సగకాలం ధ్వని నీవద్దకి చేరడానికి ఎన్ని సెకండ్లు పడుతుందీ అన్న విషయాన్ని చెపుతుంది. సిద్ధంగా ఉన్నావా?'

" 'ఆ.'

" 'నీ పేరు అనబోతున్నాను,' అన్నాడు ప్రొఫెసరు.

" 'రాతిగోడకు చెవి చేరపెట్టి ఆలకించాను. 'అక్సెల్' అనేమాట వినవడగానే ఏమాత్రం ఆలస్యం లేకుండా అదే పేరుని తిరిగి పలికి నిరీక్షించడం మొదలుపెట్టాను.'

" 'నలభై సెకండ్లు,' అన్నాడు చిన్నాన్న. 'అంటే శబ్దం నాదగ్గరికి 20 సెకండ్లల్లో చేరిందన్నమాట. ధ్వని సెకండుకు కిలోమీటరులో మూడవ వంతు దూరం పోతుంది. కాబట్టి ఇది సుమారు 7 కి.మీ. దూరం చూపుతుంది.' "

ఈ కథా భాగంలో చెప్పబడినది మీకు సరిగా అర్థం అయితే మీ అంతట మీరే ఈ దిగువ ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పవచ్చు.

నాకు రైలు ఇంజను ఈలయొక్క ఆవిరి కనిపించినాక ఒకటిన్నర సెకండ్లకు దాని కూత వినిపిస్తే రైలు ఎంత దూరాన ఉన్నట్టు?

ధ్వని దర్పణాలు

గోడలాగుండే అరణ్యమూ, కంచే, ఇల్లూ, కొండా, ప్రతిధ్వని కలిగించే ప్రతి అవాంతరమూ కూడా ధ్వని దర్పణాలే. ఎందుకంటే సమతలమై ఉండే దర్పణం కాంతిని ప్రతిఫలించినట్టుగా ఇవి ధ్వనిని ప్రతిఫలిస్తాయి.

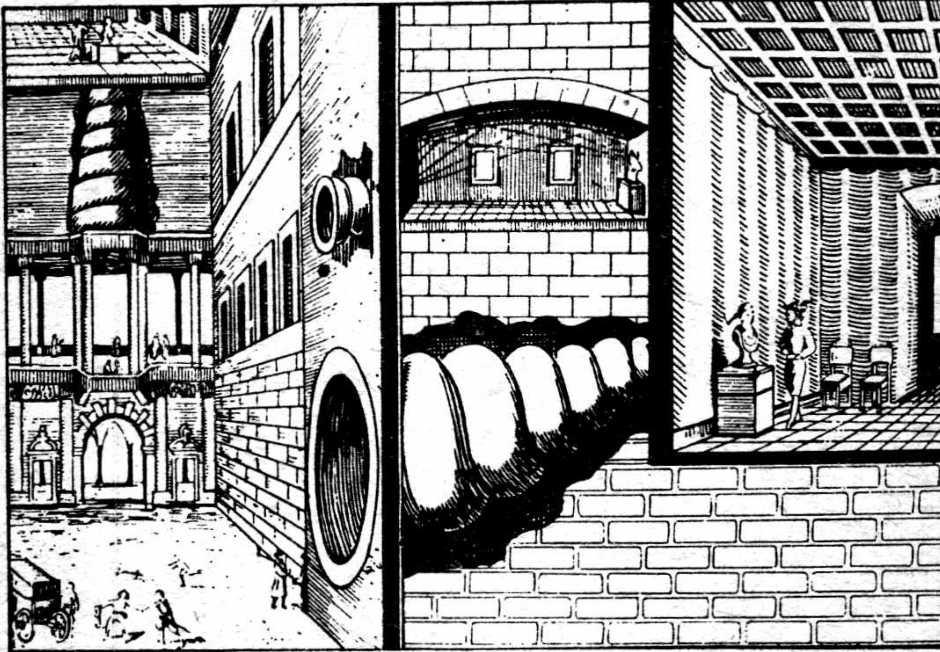


చిత్రం 151. పుటాకారమైన ధ్వని దర్పణాలు.

ధ్వని దర్పణాలు సమతలమైనవే కాక వక్రమైనవి కూడా ఉంటాయి. పుటాకారమైన ధ్వని దర్పణాల సహాయంతో "ధ్వని కిరణాలను" కేంద్రీకృతం (ఫోకస్) చేయవచ్చు.

రెండు లోతైన పళ్లేలతో ఈవిధంగా సరదా అయిన ప్రయోగం ఒకటి చేయవచ్చు. ఒక పళ్లెం బల్లమీద పెట్టి, గడియారాన్ని దానికి కొద్ది సెం.మీ. ఎగువగా చేతిలో పట్టుకోండి. రెండో పళ్లెం చిత్రం 151లో చూపినట్టు చెవిదగ్గర పెట్టుకోండి. గడియారం, చెవి, పళ్లేలయొక్క స్థానాలు సరిగా ఉన్నట్టయితే గడియారపు "టిక్కు టిక్కు" చెవిదగ్గర ఉన్న పళ్లెంనుంచి వస్తున్నట్టు వినిపిస్తుంది. వస్తువుల సరియైన స్థానాన్ని వాటిని అటూ ఇటూ జరిపి తెలుసుకోవచ్చు. కళ్లు మూసుకున్నట్టయితే భ్రమ మరింతగా ఉంటుంది: ఒక్క వినికిడినిబట్టి గడియారం ఏ చేతిలో ఉన్నదీ కూడా కచ్చితంగా చెప్పలేం.

మధ్యయుగంలో కోటలు నిర్మించిన వారు ధ్వనితో గారడీలు చేశారు; పుటాకార ధ్వని దర్పణంయొక్క సంగమ బిందువు (ఫోకస్)లోగాని గోడలో రహస్యంగా ఉండే మాట్లాడే గొట్టం



చిత్రం 152. రహస్యాలాడే ప్రతిమలు. (అథనాసియస్ కీర్హెర్ గ్రంథంనుండి – 1560.)

చివరగాని ప్రతిమలనుంచేవారు. చిత్రం 152 పదహారవ శతాబ్దంనాటి గ్రంథంలోది, (అఫనాసియ్ కీర్హర్‌ది, 1560) అందులో ఈ ఏర్పాట్లు చిత్రించి ఉన్నాయి. మాట్లాడే గొట్టంనుంచి వచ్చే ధ్వనులన్నీ వంపుగా ఉన్న కప్పుమీద ప్రతిఫలించి ప్రతిమయొక్క మూతి వద్ద ఫోకస్ అవుతాయి; గోడలలో స్థాపింపబడిన పెద్ద మాట్లాడే గొట్టాలు ఆవరణలోని రకరకాలైన ధ్వనులను హాలులో గోడనానించి ఉన్న పాలరాతి ప్రతిమలవద్దకు చేర్చుతాయి. ఇలాటి ఏర్పాట్లవల్ల ప్రతిమలు గుసగుసలాడుతున్నట్టూ, పాటలు పాడుతున్నట్టూ, భ్రమ కలుగుతుంది.

థియేటరులలో ధ్వని

కొన్ని థియేటర్ల శ్రవణసుఖం జాస్తీగా ఉంటుందని, కొన్నిటిలో ఉండదని నాటకాలకూ పాటకచేరీలకూ (సినిమాలకు) వెళ్లేవారికి బాగా తెలుసు. కొన్ని థియేటర్లలో కళాకారుల గొంతుకలూ, వాయిద్యాల ధ్వనులూ దూరానికి కూడా స్పష్టంగా వినిపిస్తాయి. మరికొన్ని టిలో దగ్గరకు కూడా ధ్వనులు స్పష్టంగా వినబడవు. అమెరికన్ భౌతికశాస్త్రవేత్త వుడ్ రాసిన "ధ్వనితరంగాలు, వాటి ఉపయోగాలు" *(Sound Waves and Their Application)* అనే పుస్తకంలో పై విషయాలకి కారణం ఎంతో బాగా చర్చింపబడింది.

"భవనంలో పుట్టిన ఏ శబ్దమైనా ధ్వని ఉత్పత్తి స్థానం ధ్వనించడం పూర్తిచేసిన తరువాత చాలా సేపటివరకూ ప్రతిధ్వనిస్తుంది; అనేక సార్లు పరావర్తితం పొందడంవల్ల ఆ శబ్దము భవనాన్ని కొన్ని సార్లు చుట్టు తిరుగుతుంది. ఆ సమయానికల్లా ఇతర శబ్దాలు పుడతాయి. వినేవాడు వీటన్నిటినీ సరియైన క్రమంలో విని అర్థంచేసుకునే శక్తిలో ఉండడు. ఉదాహరణకి శబ్దం మూడు సెకండ్లపాటు సాగుతుందనుకుందాం, ఉపన్యాసకుడు సెకండుకు మూడు శబ్దాలు మాట్లాడుతున్నాడనుకుందాం. అప్పుడు 9 శబ్దాలకు సంబంధించిన ధ్వని తరంగాలు గదిలో చుట్టూ కలిసి తెలిసి ఏమీ అర్థంగాని గోల చేస్తాయి. అంచేత శ్రోత ఉపన్యాసకుడిని అర్థంచేసుకోలేడు.

"అటువంటి పరిస్థితులలో ఉన్న ఉపన్యాసకుడు స్పష్టంగా, అతి గట్టిగా కాకుండా మాట్లాడాలి. కాని సాధారణంగా ఉపన్యాసకులు, దీనికి సమంగా వ్యతిరేకంగా, గట్టిగా మాట్లాడడానికి ప్రయత్నిస్తారు, దానివల్ల గోల మాత్రం అధికం చేస్తారు."

ఇటీవలిదాకా థియేటర్లలో ధ్వని బాగుండడమూ, బాగుండక పోవడమూ కేవలం అదృష్టంపైన ఆధారపడి ఉంటుందనుకునేవారు. ఈనాడు శ్రవణాన్ని పాడుచేసే ప్రతిధ్వనులను

నిగ్రహించడానికి ఉపాయాలున్నాయి. దీనికి సంబంధించిన వాస్తు శాస్త్రమంతా ఇక్కడ వివరించను గాని, ఒక్క విషయం మట్టుకు చెబుతాను. ధ్వని నిర్దుష్టంగా ఉండాలంటే అనవసరమైన ధ్వనులను హరించడానికి కొన్ని ముఖతలాలు నిర్మించాలి. ఏ రంధ్రమైన కాంతిని హరిస్తుంది, అలాగే తెరిచివున్న కిటికీ ధ్వనిని హరించడానికి అత్యుత్తమం. హరించబడే ధ్వనికి కొలమానంగా చదరపు మీటరు వైశాల్యంగల తెరిచిన కిటికీని ఉపయోగిస్తున్నారు. తెరచిన కిటికీకంటె రెండింతలు తక్కువైనప్పటికీ శ్రోతలు కూడా చాలా బాగా ధ్వనిని హరిస్తారు. ఈ విషయంలో ప్రతి ఒక వ్యక్తి అర్ధ చదరపు మీటరు వైశాల్యంగల తెరచిన కిటికీకి సమానం. ఉపన్యాసకుడు చెప్పేదానిని శ్రోతలు అక్షరాలా ''హరిస్తారు'' అని ఒక భౌతిక శాస్త్రవేత్త అన్నది నిజమే. అదే విధంగా నిర్జనమైన ఉపన్యాసమందిరం వక్తకి ''అక్షరాలా బాధాకరమైనది'' అన్న విషయం కూడా తక్కువ నిజమేం కాదు.

ధ్వనిని మరీ ఎక్కువగా హరించటం కూడా ఇబ్బందే. అది కూడా శ్రవణాన్ని పాడు చేస్తుంది. మొదటి సంగతి శబ్దాలు దుర్బలంగా వినిపిస్తాయి. రెండో సంగతి కొంత ప్రతిధ్వని లేకపోతే ధ్వనులు నిండుగా వుండక పెళుసుగా వినిపిస్తాయి. అందుచేత కొద్దిపాటి ప్రతిధ్వని — అంత దీర్ఘంగా కాకుండా, బొత్తిగా తక్కువ కాకుండా — ఉండడం వాంఛనీయం. ఎంత వుండాలన్నది హాలునుబట్టి వుంటుంది, దాని ప్రమాణాన్ని నిర్మాత నిర్ణయించాలి.

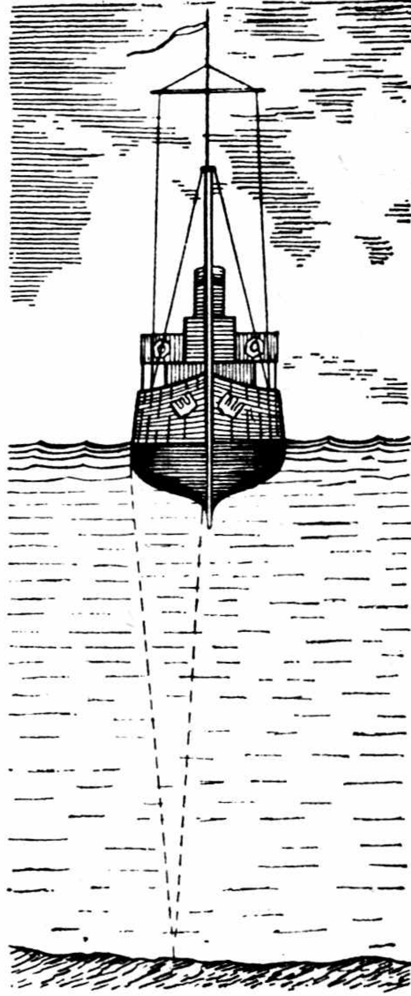
భౌతికశాస్త్రం దృష్ట్యా తెలుసుకొనదగినది థియేటరులో మరొకటి కూడా వున్నది. అది ''ప్రామ్‌ట్ బాక్సు.'' అది అన్ని థియేటరులలో ఒకే ఆకారం కలిగి వుండడం మీరు గమనించే వుంటారు. [ప్రామ్‌టర్ కూర్చోవటానికి ప్రత్యేకమయిన ఏర్పాటు మనకు అంతగా పరిచితమయినది కాదు. — అను.] అది భౌతికశాస్త్రాన్ని గుణంగా నిర్మితమైన ఉపకరణము. దాని కప్పు పుటాకార ధ్వని దర్పణం. అందులో రెండు సౌకర్యాలున్నాయి. ఒకటి, ప్రామ్‌టరు చెప్పేది ప్రేక్షకులకు వినిపించదు. రెండు, అతని మాటలు రంగస్థలంమీద ఉండే నటులకేసి ప్రతిధ్వనిస్తాయి.

సముద్రం అడుగునుంచి ప్రతిధ్వని

చాలాకాలం ఎందుకూ పనికి రాకుండా ఉంటూ వచ్చిన ప్రతిధ్వనులతో సముద్రాల, మహా సముద్రాల లోతులను కొలిచే విధానం సృష్టి అయింది. యీ విధానం తలవనితలంపుగా లభ్యమయింది. 1912లో ''టైటానిక్'' అనే స్టీమరు అమాంతంగా మంచు దిబ్బను ఢీకొని దాదాపు అందులోని ప్రయాణీకులందరితోనూ మునిగిపోయింది. అప్పటినుంచి రాత్రి వేళ,

పొగమంచులోను ప్రతిధ్వనిని ఉపయోగించి అవరోధాలను పసిగట్టడానికి ప్రయత్నించేవారు. ఆచరణలో వారనుకున్న ప్రయోజనమయితే సిద్ధించలేదు కాని సముద్రం అడుగునుంచి ప్రతిధ్వనులు తెప్పించి సముద్రం లోతు అంచనా కట్టవచ్చుననే ఆలోచన వచ్చింది. ఈ ఆలోచన జయప్రదమైంది.

ఇది ఎలా చేస్తారో చిత్రం 153లో చూడవచ్చు. స్టీమరు అడుగు భాగంలో ధ్వని కంపన జనకము అమర్చబడి ఉంది. ఆ ధ్వని సముద్రజలంగుండా సముద్రం అడుగుకు వెళ్లి అక్కడ ప్రతిఫలించి ప్రతిధ్వని రూపంలో తిరిగి గోడను చేరుతుంది. తిరిగి వచ్చిన ప్రతి ధ్వనిని నౌక అడుగు భాగంలో ఉంచిన సున్నితమైన ఉపకరణంతో కనుగొంటారు. ధ్వనికి ప్రతిధ్వనికి మధ్య గడిచిన కాలాన్ని నిర్దుష్టమయిన గడియారంతో కొలుస్తారు. సముద్రజలంలో ధ్వని ఏ వేగంతో ప్రయాణించేది తెలుసు కనుక, సముద్రం అడుగు ఎంత లోతున ఉన్నదీ అంచనా కట్టవచ్చు.



చిత్రం 153. ప్రతిధ్వనితో సముద్రం లోతు కొలవడం.

నిమ్నసూచి* ఉపయోగంలోకి రావటంతో సముద్రపు లోతులు కొలిచే పద్ధతిలో విప్లవయుత పరిణామం వచ్చింది. అంతకు పూర్వం లోతులు కొలిచే పద్ధతులలో నౌకను ఆపవలసి వచ్చేది, అంతేకాక అవి చాలా సేపు పట్టేవి. తాడును నింపాదిగా నిమిషానికి 150 మీటర్ల వేగంతో సముద్రంలోకి వదిలేవారు. దాన్ని మళ్లీ అంత నెమ్మదిగానే చేదేవారు. మూడు కిలోమీటర్ల లోతు కొలవడానికి ముప్పావుగంట పట్టేది. నిమ్నసూచి కొలవడానికి కొద్ది సెకండ్లు చాలు. అందుకోసం ఓడను ఆపనవసరం లేదు. కొలత మరింత నిర్దుష్టంగా కూడా ఉంటుంది. పొరపాటు మీటరులో నాల్గో వంతుకు ఎన్నడూ మించదు. అయితే కాలాన్ని సెకండులో 3,000వ

---

*ప్రతిధ్వని సహాయంతో సముద్రపు నిమ్నతలను సూచించడానికి వాడబడే పరికరం. — సం.

వంతుకు సరిగా కొలవాలి. సముద్రం తాలూకు "అగాధాలను" కొలవడం "సముద్ర విజ్ఞానము"నకు మాత్రమే అవసరం. కాని తీరానికి సమీపంగా ఉండే సముద్ర ప్రాంతాలలో భద్రంగా ఓడలను నడపాలంటే కొద్ది లోతులను కూడా శీఘ్రంగానూ, నమ్మకంగానూ, పొరపాటు లేకుండాను కొలవడం అత్యవసరం.

ఈనాడు సముద్రాల లోతులను కొలవడానికి మామూలు ధ్వనులను గాక, అత్యంత శక్తివంతమైన "అతీత ధ్వనులను" ఉపయోగిస్తున్నారు. యీ ధ్వనులు సెకండుకు కొన్ని మిలియనుల కంపనాల పౌనఃపున్యము (frequency) కలవి కావడంచేత మనం వాటిని వినలేం. ఒక క్వార్ట్జ్ ఫలకము శీఘ్రావర్తనంతో కూడిన విద్యుత్ క్షేత్రంలో ఉంచినట్టయితే ఆ ఫలకంలో ఇలాటి ధ్వనులు పుడతాయి.

తుమ్మెదలు ఎందుకు ఝుంకారం చేస్తాయి?

ఎందుకు కొన్ని కీటకాలు ఝుంకారం చేస్తాయి? అనేక కీటకాలలో ధ్వని కలిగించే ప్రత్యే కాంగమేదీ ఉండదు. యీ ఝుంకారమైనా కీటకం ఎగురుతున్నప్పుడే వినిపిస్తుంది. అది దాని రెక్కల కదలికవల్ల కదులుతుంది. దాని రెక్కలు సెకండుకు అనేక వందల సార్లు కంపిస్తాయి. కీటకపు రెక్క కంపించే ఫలకం లాటిది. ఏ ఫలకమైనా తగినంత వేగంతో — సెకండుకు 16 సార్లకంటె హెచ్చుగా — కంపించినప్పుడు ఒక నిర్దిష్ట స్థాయిగల స్వరాన్ని ఉత్పత్తి చేస్తుందని మనకి తెలుసు.

ఎగిరే కీటకంయొక్క రెక్కలు సెకండుకు ఎన్ని సార్లు కంపించేదీ ఎలా తెలుసుకుంటారో ఇప్పుడు మీకు అర్థం అయి ఉంటుంది. దీనికి కీటకంయొక్క యీ ఝుంకారం ఏ స్థాయిలో ఉన్నదీ తెలిస్తే చాలు. ఎంచేతంటే ప్రతి స్వరస్థాయికీ ఒక ప్రత్యేక కంపన పౌనఃపున్యము వుంటుంది. "స్లోమోషన్ కెమేరా" (మొదటి అధ్యాయం సహాయంతో) శాస్త్రజ్ఞులు ఒక విషయం నిరూపించారు. అదేమంటే ప్రతి కీటకమూ ప్రతిసారీ ఇంచుమించు ఒకే వేగంతో రెక్కలాడిస్తుంది. అది తన గమనాన్ని మార్చుకోవడానికి తన రెక్కల కంపన విస్తారమును (amplitude of vibration), రెక్కల వాలునూ మాత్రమే మార్చుతుంది. అది తన కంపన వేగాన్ని శీతకాలంలో మాత్రమే హెచ్చిస్తుంది. అందువలనే దాని ఝుంకారం ఎప్పుడూ ఒకే స్థాయిలో వుంటుంది. మన ఇళ్లలో తిరిగే యీగ ధ్వని నాలుగో శ్రుతిలో (హార్మోనియం లెక్క) ఉంటుంది. అది దాని రెక్కలను సెకండుకు 352 సార్లు ఆడిస్తుంది. తుమ్మెద తన రెక్కలను సెకండుకు 220 సార్లు ఆడిస్తుంది. తేనెటీగ మామూలుగా రెక్కలు సెకండుకు 440 సార్లు ఆడిస్తుంది. కాని అది తేనెతో బరువెక్కినప్పుడు

సెకండుకు 330 సార్లు మాత్రమే ఆడిస్తుంది. (ఆరో శ్రుతి) పేడపురుగు రెక్కలు తక్కువ వేగంతో ఆడతాయి. ధ్వని స్థాయి తక్కువలో ఉంటుంది. దోమలు దీనికి విరుద్ధంగా తమ రెక్కలను సెకండుకు 500–600 సార్లు ఆడిస్తాయి. సామ్యానికి చెబుతున్నాను, విమానాల ప్రొపెల్లర్లు సెకండుకు సగటున 25 సార్లు మాత్రమే తిరుగుతాయి.

కర్ణభ్రమలు

చిన్న ధ్వని ఒకటి చాలా దూరంనుంచి వస్తున్నదని అనుకున్నమీదట ఆ ధ్వని చాలా పెద్ద ధ్వని అనే భావం కలుగుతుంది. మనం ఇలాటి భ్రమలకు తరుచు గురి అవుతూనే ఉంటాం గాని వాటిని పట్టించుకోం.

విలియమ్ జేమ్స్ అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త ''మనస్తత్వం'' (W. James, *Psychology*) అన్న గ్రంథంలో య్రాకింది విచిత్ర సంఘటన తెలిపాడు:

''ఒక రాత్రి పోయి నేను కూర్చుని చదువుకుంటుండగా అత్యంత భయదాయకమయిన ధ్వని ఇంటి ఎగువ భాగంనుంచి వినిపించింది. అది ఆగిపోయి ఒక నిముషం తర్వాత మళ్లీ సాగింది. నేను హాలులోకి వెళ్లి ఆలకించాను. కాని అక్కడ ఏమీ వినిపించలేదు. తిరిగి గదిలోకి వచ్చి పుస్తకం ముందు కూర్చునే సరికల్లా ఆ ధ్వని బ్రహ్మాండంగా భయంకరంగా వరదో తుఫానో దూరంనుంచి వచ్చి పడుతున్నట్టు ప్రబలింది. అది అన్ని దిక్కులనుంచీ వచ్చింది. బెదిరిపోయి మళ్లీ హాలులోకి వెళ్లాను. కాని అక్కడ ధ్వని లేదు.

''తిరిగి రెండో సారి గదిలోకి వచ్చాక ధ్వనిని కారణం తెలియవచ్చింది. అది నేలమీద పడుకుని నిద్రపోతున్న చిన్న కుక్క పెట్టే గుర్రుశబ్దం తప్ప మరేమీ కాదు.

''గమనించదగిన విషయమేమంటే నిజం తెలిసిపోయిన తరవాత ఎంత ప్రయత్నించినప్పటికీ పూర్వపు భ్రమ తెచ్చుకోలేకపోయాను.''

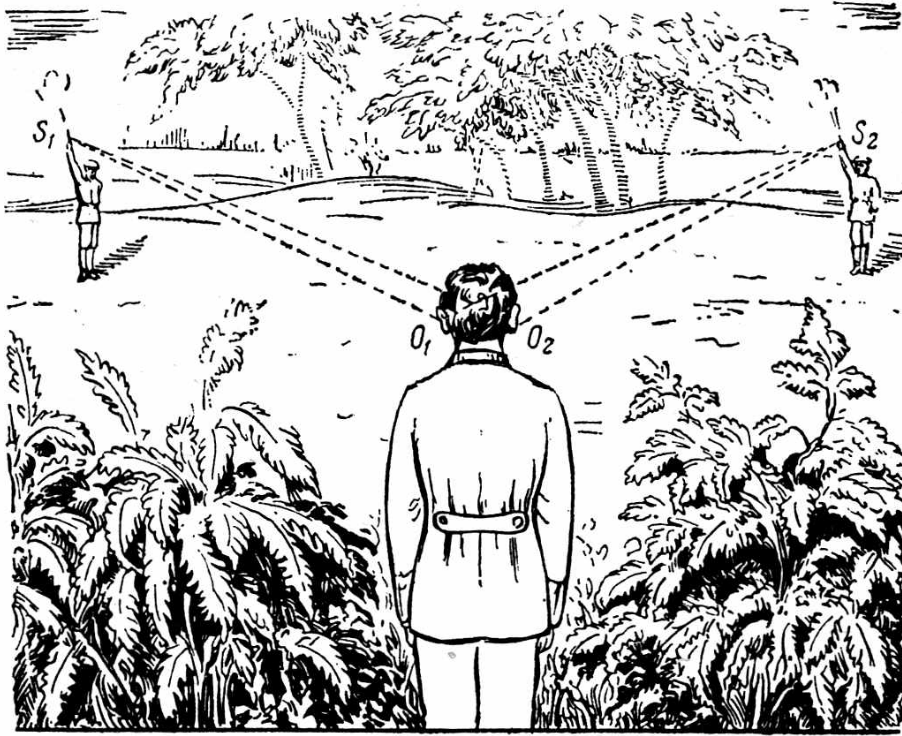
ఇలాటి అనుభవం మీకెప్పుడైనా కలిగిందా? బహుశా కలిగే వుంటుంది. నా మట్టుకు నేను ఇలాటివి అనేక మార్లు గమనించాను.

కీచురాయి ఎక్కడ వున్నది?

ధ్వని ఎంత దూరాన్నుంచి వినవస్తున్నదనే దానికన్న ఎటునుంచి వినవస్తున్నదనే విషయం మనం తరుచు పొరపడతాం.

తుపాకీ పేలితే ఆ పేలుడు మనకు కుడివైపున జరిగిందా, ఎడమవైపున జరిగిందా

అన్నది మన చెవులకు సులువుగానే తెలుస్తుంది (చిత్రం 154). కాని అది మన ముందు జరిగిందా, వెనుక జరిగిందా అన్నది సామాన్యంగా తెలుసుకోలేవు మన చెవులు (చిత్రం 155). మనకు ముందు దిక్కుగా కలిగిన తుపాకీ మోత సామాన్యంగా మన వెనుక జరిగినట్లు వినిపిస్తుంది.



చిత్రం 154. తుపాకీ ఎక్కడ పేలింది? కుడి పక్కనా, ఎడమ పక్కనా?

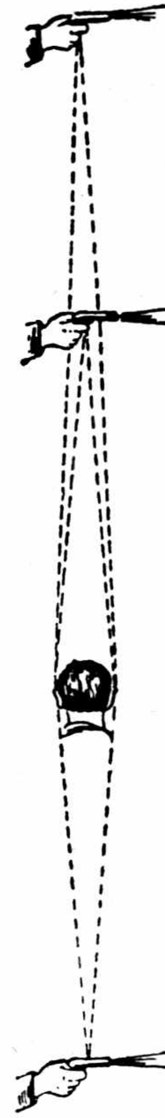
అలాటి సందర్భంలో మోతయొక్క ప్రమాణాన్నిబట్టి తుపాకీ పేలినది దగ్గిరగానో దూరంగానో చెప్పడం మాత్రమే సాధ్యమవుతుంది.

యీ క్రింది ప్రయోగం జ్ఞాన ప్రదమైనది. మీ స్నేహితుడి కళ్లకు గంతలు కట్టి గది మధ్య కూర్చోబెట్టి, అతన్ని తల ఎటూ తిప్పకుండా ఉండమనండి. అతని ఎట్ట ఎదుట (మీ స్నేహితుని తలను రెండు సమభాగాలుగా చేస్తూ అతని రెండు కళ్లమధ్యగుండా పోయే సమతలములో) నిలబడి రెండు నాణాలు ఒకదాని కొకటి కొట్టి చప్పుడు చేసి చప్పుడు ఎటునుంచి వచ్చినదీ కనుక్కోమనండి. ఫలితం నమ్మరానిదిగా ఉంటుంది. అతను అసలు చప్పుడైన దిక్కుకు సమంగా వ్యతిరేకమైన దిక్కు చూపిస్తాడు.

కాని మీరు పైన చెప్పబడిన మీ స్నేహితుని తలయొక్క సౌష్ఠవ సమతలంనుంచి పక్కకు తొలగినట్లయితే మీ స్నేహితుని తప్పులు మరీ అంత ఘోరంగా ఉండవు. మీకు దగ్గిరగా ఉండే చెవి ఆ ధ్వనిని కొంచెం ముందుగానూ, కొంచెం హెచ్చుగానూ వినడంచేత అతను ధ్వని ఎటునుంచి వచ్చినదీ కొంతవరకు సరిగా ఊహించగలుగుతాడు.

గడ్డిలో కీచురాయి చేసే ధ్వనినిబట్టి అది ఎక్కడ ఉన్నదీ తెలుసుకోవడం ఎందుచేత కష్టమో యీ ప్రయోగం స్పష్టం చేస్తుంది. దాని కీచు మీకు కుడి పక్కగా రెండు అడుగుల దూరంనుంచి వినిపిస్తుంది. మీరు తల తిప్పితే అక్కడ ఏమీ కనిపించదు. ఇప్పుడు ధ్వని ఎడమపక్క వినిపిస్తుంది. మీరు మళ్లీ తల తిప్పుతారు. ధ్వని మరొక వైపున వినిపిస్తుంది. తల ఎంత వేగంగా తిప్పితే అంత వేగంగా ఆ అదృశ్య గాయకుడు గెంతులు వేస్తున్నట్టు ఉంటుంది. కీటకం నిజానికి ఒక చోటే కూర్చుంటుంది. విస్మయం కలిగించే దాని గెంతులు — మీ ఊహాగాన ఫలితం, శ్రవణభ్రమ ఫలితం. మీరు చేసే పొరబాటేమంటే తలను కీచురాయి కేసి సూటిగా తిప్పి, అది మీ తలయొక్క సౌష్ఠవ సమతలంలో ఉండేటట్లు చేయడం. అలా చెయ్యడంవల్ల ధ్వని వచ్చే దిక్కుని కనుక్కోవడంలో అతి సులభంగా తప్పు చేస్తామని ఇంతకు ముందే మీరు తెలుసుకున్నారు: కీచురాయి చేసే కీచుశబ్దం మీ ముందునుంచి వస్తుంది, కాని మీరు అది వెనుకనుంచి వస్తుందని పొరబడతారు.

కనక, కీచురాయిగాని, కోయిలగాని, మరొకటిగాని దూరంనుంచి చప్పుడు చేస్తుంటే కనిపెట్టడానికి మీ తలను ఆ ధ్వని వచ్చే వైపు కాక పక్కకు తిప్పాలి. ఎవరైనా చెవులు రిక్కించి వినేటప్పుడు చేసే పని కూడా అదే.



చిత్రం 155. తుపాకీ పేలింది ముందా వెనుకా?

చెవులు చేసే మోసం

మనం రస్కులు కొరికేటప్పుడు చెవులు హోరెత్తేటంత చప్పుడవుతుంది. కాని మన పక్కవాడు అదే పని చేస్తున్నా కూడా ఎందుకో చప్పుడే అయినట్టుండదు. అంత చప్పుడు రాకుండా వాడు ఏం యుక్తి చేస్తున్నాడు చెప్మా?

అసలు విషయం ఏమిటంటే మనం చేసే చప్పుడు మనమే వినగలం. అది మరొకరిని బాధించేది కాదు. సంగతేమంటే స్థితి స్థాపకతగల ఘనపదార్థాలన్నిటిలాగే మన తల ఎముకలు మంచి ధ్వని వాహకాలు. ధ్వని ప్రసారమయే వాహకం సాంద్రంగా ఉంటే ధ్వని విపరీతంగా అధికం అవుతుంది. మన పక్కవాడు రస్కు తినేటప్పుడు చేసే చప్పుడు గాలిలో మనని చేరడంవల్ల అల్పంగా ఉంటుంది. అలాటి శబ్దమే గట్టివైన మన తల ఎముకలగుండా మన శ్రవణ నాడిని చేరినప్పుడు మేఘ గర్జనలాగా వినిపిస్తుంది. [మనకు రస్కుల అనుభవం తక్కువగాని, కాల్చిన అప్పడాలూ, చల్లారిన చేగోడీలు, కొరికినప్పుడు కలిగే పెళ పెళార్భాటం బాగా తెలును. — అను.] ఈ విషయానికి సంబంధించినదే ఇంకో ప్రయోగం: మీ జేబు గడియారం గొలుసు రింగును పళ్లతో పట్టుకుని, చెవులు రెండు మూసుకోండి. మీ తల ఎముకలు గడియారం చప్పుడును పెద్దది చేసి బరువైన దెబ్బలు వేస్తున్నట్టు వినపడేటట్టు చేస్తాయి.

సుప్రసిద్ధమైన జర్మన్ సంగీతకర్త బీథోవెన్ చెవిటి వాడైన తర్వాత పియానో వాయింపు వినేవాడంటారు. దానికి గాను ఆయన చేతికర్ర ఒక చివర పియానోకు ఆనించి రెండో చివర పళ్లతో పట్టుకునేవాడు. ఇదే విధంగా చెవిటివాళ్లు, వాళ్లలో చెవులు సరిగా ఉన్నట్టయితే, సంగీతానికి నృత్యం చెయ్యగలుగుతారు. సంగీతం నేలద్వారానూ, తల ఎముకలద్వారానూ వారి శ్రవణ నాడికి అందుతుంది.

''వెంట్రిలోక్విజం'' — ఎక్కడినుంచో ధ్వని వస్తున్నట్టుగా మాట్లాడే విద్య — ద్వారా సాధించే ''అద్భుతాలూ'' వినడంలో గల పై లక్షణాలను పురస్కరించుకునేవే.

మాట ఎంత దూరంనుంచీ వస్తున్నదీ ఏ దిక్కునుంచి వస్తున్నదీ కూడా మనం తెలుసు కోలేకపోవడంమీదనే ''వెంట్రిలోక్విజం'' కలిగించే భ్రమ ఆధారపడుతుంది. మామూలుగా మనం వీటిని ఉజ్జాయింపుగా మాత్రమే తెలుసుకోగలం. కాని ఏ మాత్రమైన అసాధారణ పరిస్థితులలో మనం ఉన్నట్టయితే ధ్వని ఎటునుంచి వస్తున్నదీ తెలుసుకోవడంలో బొత్తిగా పొరపాటు పడతాం. అంతా తెలిసి కూడా నేను సైతం ''వెంట్రిలోక్విజం'' ప్రదర్శనం చూసే టప్పుడు కలిగే భ్రమనుంచి బయటపడ లేకపోయాను.

ప్రశ్నలు

1. కాలినడకకన్న నత్త నడక ఎన్ని రెట్లు నెమ్మది?

2. ఆధునిక విమానాలెంత వేగంతో పోతాయి?

3. ఆకాశంలో తన దైనందిన గమనంలో పోయే సూర్యుణ్ణి మించి వెళ్ళగలమా?

4. "స్లోమోషన్" ఫిల్ములెలా వస్తాయి?

5. మనం సూర్యుడి చుట్టూ ఎప్పుడు హెచ్చు వేగంతో తిరుగుతాం? మధ్యాహ్నమా? అర్ధరాత్రా?

6. నడిచే చక్రంయొక్క పై భాగంలో ఆకులు ఒక్కొకప్పుడు అస్పష్టంగాను, దిగువ భాగంలో స్పష్టంగాను ఎందుకు కనిపిస్తాయి?

7. ముందుకు వెళ్లే రైలు తాయాకు ఏ భాగాలు అన్నిటికంటె తాపీగా కదుల్తాయి? ఏ భాగాలు వెనక్కు నడుస్తాయి?

8. నక్షత్రాలు భూమి తన కక్ష్యలో ఏ దిక్కుగా కదులుతోందో ఆ దిక్కుగా ముందుకి జరిగి ఉన్నట్లు మనకి అనిపిస్తుంది. ఎంచేత?

9. మనం ముందుకు వంగిగాని, లేక పాదాలు కుర్చీకిందకు పోనిచ్చిగాని కుర్చీలోనుంచి లేస్తాం. ఎంచేత?

10. నావికులు పంగటించుకుంటూ ఎందుకు నడుస్తారు?

11. పరుగుకూ, నడకకూ తేడా ఏమిటి?

12. కదిలే బండిలోనుంచి అవసరం వస్తే ఎలా దూకాలి? వివరించండి.

13. కోతలు కొయ్యడంలో ప్రసిద్ధుడైన మున్చౌజిన్ ఎగురుతూన్న ఫిరంగి గుండును చేత్తో పట్టుకున్నానన్నాడు. అతనలా చెయ్యడం సాధ్యమా?

14. జోరుగా పోయే కారులో వెళ్లేటప్పుడు మీమీద వస్తువులు విసిరితే అపాయం లేకుండా వాటిని పట్టుకోగలరా?

15. వస్తువు బరువు పడేటప్పుడు హెచ్చుగా ఉంటుందా, కదలనప్పుడు హెచ్చుగా ఉంటుందా?

16. పైకి విసిరిన ప్రతి వస్తువూ తిరిగి భూమిపై పడి తీరాలా?

17. చంద్రుడుకేసి బయలుదేరిన ప్రాజెక్టయిలులోని జీవితం గురించి జూల్స్ వెర్న్ వర్ణన సరి అయినదేనా?

18. సరి అయిన తూకపు రాళ్లతో తప్పుడు కాటామీద సరి అయిన తూకం ఇవ్వగలరా? సరి అయిన కాటాపై తప్పుడు రాళ్లతో ఇవ్వగలరా?

19. అల్ప భారాన్ని అధిక శక్తితో కదల్చగలిగే తులాదండాలలాగ పనిచేసే మన అస్థిపంజరంలోని ఎముకలు మనకి లాభకరమైనవేనా?

20. నులక మంచంమీద పడుకుంటే ఎందుకు గట్టిగా ఉండదు?

21. సుదూర కాల్పులు ఎలా సాధ్యమయాయి?

22. గాలిపటం ఏవిధంగా పైకెగరగలుగుతుంది?

23. రాయి పడుతున్నంత సేపు వేగం వృద్ధిపొందుతూనే ఉంటుందా?

24. గాలిగొడుగును ఆలస్యంగా తెరిచే పారాచూటిస్టు సాధించగల అత్యధిక వేగమెంత?

25. బూమరాంగ్‌యొక్క విపరీత యానాన్ని ఏవిధంగా విశదీకరించాలి?

26. గుడ్డును పగల కొట్టకుండా అది ఉడికినదో పచ్చిదో చెప్పగలమా?

27. వస్తువుల బరువు ఎక్కడ హెచ్చు? భూమధ్యరేఖవద్దనా? ధృవాలవద్దనా?

28. తిరిగే చక్రం అంచున విత్తు నాటితే మొలక ఎటుగా వస్తుంది?

29. ''శాశ్వత చలనా''నికి ''శాశ్వత చలన'' యంత్రానికి ఏమిటి తేడా?

30. ''శాశ్వత చలన'' యంత్రాలెప్పుడేనా సృష్టి అయాయా?

31. ద్రవంలో మునిగిన వస్తువుకు ఎటునుంచి పీడనం హెచ్చు, పైనుంచా? పక్కలనుంచా, కిందనుంచా?

32. ఒక కొస చేత్తో పట్టుకున్న దారపు రెండవ కొసకు వేళ్లాడగట్టిన చిన్న వస్తువును కాటాపై సమతూకంలో ఉండే నీటిపాత్రలో ముంచితే ఏమవుతుంది?

33. ద్రవానికి బరువులేనప్పుడది ఏ ఆకారం ధరిస్తుంది? దీనిని ప్రయోగంతో రుజువుపరచగలరా?

34. వాన చినుకులు గోళాకారంగా ఎందుకుంటాయి?

35. కిరసనాయిలు గాజులోనుంచీ, లోహంలోనుంచీ ''ఊరడం'' నిజమా? అందరూ అలా ఎందుకనుకుంటారు?

36. ఉక్కు సూదిని నీటిపై తేల్చగలరా?

37. ప్లవనమంటే ఏమిటి?

38. సబ్బుతో మురికి ఎందుకు వదులుతుంది?

39. సబ్బు బుడగ ఎందుకు పైకి లేస్తుంది? అది ఎక్కడ హెచ్చు వేగంతో లేస్తుంది — చల్లని గదిలోనా, వెచ్చని గదిలోనా?

40. ఏది ఎక్కువ సన్ననిది — వెంట్రుకా, లేక సబ్బు బుడగ పొరా? ఒకదానికంటె మరొకటి ఎన్ని రెట్లు సన్నం?

41. గ్లాసులో కాలే కాగితం వేసి దాన్ని నీరుగల పళ్లెంలో బోర్లిస్తే గ్లాసుకింద నీరు కూడుకుంటుంది? ఇలా ఎందుకు జరుగుతుంది?

42. గొట్టంతో పీల్చినప్పుడు ద్రవం ఎందుకు పైకి వస్తుంది?

43. ఒక క్రముక్క కాటారాళ్లతో వడికట్టి సమతూకం తెప్పిస్తాం. ఆ త్రాసును అలాగే ఒక అరలో పెట్టి అందులోనున్న గాలిని ఒక పంపుద్వారా తీసేస్తే తూకం చెడుతుందా?

44. ఆ త్రాసును ద్రవరూపంలో ఉన్న గాలిలో పెడితే ఏమవుతుంది?

45. మీకున్న బరువంతా పోయి, మీ దుస్తుల బరువు అలాగే ఉంటే మీరు గాలిలో తేలిపోతారా? లేక భూతలంమీదే ఉంటారా?

46. ''శాశ్వత చలన'' యంత్రానికి ''శక్తి ప్రసాదిత'' యంత్రానికి తేడా ఏమిటి? ''శక్తి ప్రసాదిత'' యంత్రాలు ఏమయినా సృష్టి అయాయా?

47. మరీ వేడిగాగాని, మరీ చల్లగాగాని ఉన్నప్పుడు ట్రామ్ పట్టాలేమవుతాయి? రైలు మార్గాలను శీతోష్ణస్థితి అంతగా బాధించదెందుకు?

48. టెలిగ్రాఫు, టెలిఫోను తీగలు సంవత్సరంలో ఏ సమయంలో జాస్తీగా వంగుతాయి?

49. వేడి నీరు పోసినప్పుడు ఎలాటి గాజు లోటాలు తరుచు చిట్లుతాయి? మరి చలివల్ల?

50. చల్లని పానీయాలు తాగే గ్లాసులకు అడుగు మందంగా ఎందుకుంటుంది? అవి టీ గ్లాసులుగా ఎందుకు పనికి రావు?

51. వంట పాత్రలు వేడికి, చలికి పగలకుండా ఉండాలంటే వాటిని ఏ పారదర్శకమైన పదార్థముతో తయారుచేయాలి?

52. వేడినీటి స్నానం చేసినాక బూట్లు ధరించడం ఎందుకు కష్టమవుతుంది?

53. ''కీ'' ఇవ్వనవసరం లేని గడియారం తయారుచేయగలమా?

54. ఇదే సూత్రం పెద్ద యంత్రాలకు వర్తిస్తుందా?

55. పొగ పైకెందుకు పోతుంది?

56. చల్లని పానీయంగల బుడ్డిని మంచు సహాయంతో చల్లబరచాలంటే ఏమి చేస్తారు?

57. కంబళిలో చుట్టి పెట్టితే మంచు వేగంగా కరుగుతుందా?

58. మంచు భూమిలోని వేడిని కాపాడే మాట నిజమా?

59. నేలకు దిగువగా ఉండే నీటి గొట్టాలలోని నీరు శీతకాలంలో ఎందుకు గడ్డ కట్టదు?

60. టంకం పెట్టిన పాత్రలో నీరు మరగ పెడితే టంకం కరగకపోవడానికి కారణ మేమిటి?

61. ధృవాలవద్దకన్న భూమధ్యరేఖవద్ద ఎందుకు వేడి హెచ్చు?

62. కాంతికి తక్షణ ప్రసారమున్నట్టయితే మనకు సూర్యోదయం ఎప్పుడు కనిపిస్తుంది?

63. ఏ వాహకంలోనైనా కాంతికి తక్షణ ప్రసారమున్నట్టయితే టెలిస్కోపుల, మైక్రోస్కోపుల చర్యలో ఏమైనా మార్పుంటుందా?

64. కాంతి అవరోధాన్ని చుట్టుతిరిగి వెళ్లేటట్టు చెయ్యగలమా?

65. పెరిస్కోపు ఎలా తయారుచేస్తారు?

66. మీరు అద్దంలో బాగా చూసుకోవాలంటే దీపాన్ని ఎక్కడ వుంచాలి: మీ ముందా లేక మీ వెనకనా?

67. మీరూ, అద్దంలో మీ ప్రతిబింబమూ అచ్చంగా ఒకేలాగుంటారా?

68. కెలిడోస్కోపువలన ఏమయినా లాభం కలదా?

69. మంటచేయడానికి మంచు గడ్డను ఎలా ఉపయోగించాలి?

70. సమశీతోష్ణ మండలాల్లో ఎండమావులుంటాయా?

71. "ఆకుపచ్చ కిరణం" అనేది ఏమిటి?

72. ఫొటోలకేసి ఎలా చూడాలి?

73. భూతద్దంతో గాని, పుటాకార దర్పణంతో గాని చూస్తే ఫొటోలలో "రిలీఫ్," "లోతు" ఎలా వస్తాయి?

74. సినిమా థియేటరులో నట్టనడుమ వరుసలలో కూర్చుంటే బొమ్మలు అత్యుత్తమంగా కనిపిస్తాయి ఎంచేత?

75. సీనరీల చిత్రపటాలను ఒంటి కంటితో చూడడం ఎందుకు మంచిది?

76. స్టీరియోస్కోపు ఎలా పనిచేస్తుంది?

77. కథలలో రాక్షసుల చూపుకి మన చూపుకి ఏమైనా పోలిక ఉందా?

78. "ఘనచిత్ర దర్శకము" అనేది ఏమిటి?

79. వస్తువులు ఎందుకు మెరుస్తాయి?

80. నడిచే రయిలులోనుంచి చూస్తే ప్రకృతి దృశ్యాలలో హెచ్చు "లోతు" ఎందుకు కనిపిస్తుంది?

81. నభోగోళాలకు స్టీరియోఫోటోలు ఎలా తీస్తారు?

82. "నీడల గారడీ"కి ఆధారమేమిటి?

83. నీలపు కాంతిలో ఎర్రజెండా ఏ రంగులో కనిపిస్తుంది?

84. "ఇర్రేడియేషన్," "అస్టిగ్మాటిజమ్" అంటే ఏమిటి?

85. కొన్ని చిత్తరువులలోని కళ్ళు మనం ఎటునుంచి చూసినా మనవేపే చూస్తాయి. ఏవిధంగా దీన్ని విశదీకరించాలి?

86. కాంతివంతమైన నక్షత్రాలను మరింత పెద్దవిగా చూడగలవాడు హ్రస్వదృష్టి కలవాడా? సహజమైన దృష్టి కలవాడా?

87. చప్పట్లు చరిచినాక 1.5 సెకండుకు ప్రతిధ్వని వస్తే మీకు అవరోధం ఎంత దూరంలో ఉన్నట్టు?

88. ధ్వని దర్పణాలనేవి ఉన్నాయా?

89. ధ్వని ఎక్కువ వేగంతో ప్రసారమయేది గాలిలోనా, నీటిలోనా?

90. ప్రతిధ్వనులవల్ల కలిగే సాంకేతిక ప్రయోజనాలేవి?

91. తేనెటీగ లెందుకు ఝుంకారం చేస్తాయి?

92. మన దగ్గరలోనే కీచుమనే కీచురాయిని కనిపెట్టడం ఎందుకు కష్టం?

93. గాలా, లేక సాంద్రతరమైన వాహకమా — ఏది ధ్వనిని బాగా ప్రసారం చేస్తుంది?

94. "వెంట్రిలోక్విజం" దేనిపై ఆధారపడి ఉన్నది?

* * *

ఈ పుస్తకానికి రెండవ భాగం కూడా ఉన్నది. అయితే రెంటినీ దేనికదిగా చదువుకోవచ్చు.

పారిభాషిక పదజాలము

అక్షిపటలం; అక్షికం retina
అతీత ధ్వని ultra - sonic
అధికీకరణము enlargement
అపారదర్శకము intransparent
అల్పగ్రహం; అస్టెరాయిడ్ asteroid
అశ్వ సామర్థ్యము horse - power
అసమదృష్టి; అస్టిగ్మాటిజం astigmatism
ఉష్ణగ్రహణశక్తి capacity for absorbing heat
ఏకకేంద్రకమైన తలం concentric surface
ఒత్తిడి; పీడనం pressure; force
కంపన విస్తారము amplitude
కటకము; లెన్సు lens
"కనీసకాల నియమం" "principle of least time"
కుంభాకార దర్పణము convex mirror
కెలిడోస్కోపు (సౌష్ఠవచిత్ర దర్శకము) kaleidoscope
కేంద్ర పరాన్ముఖ శక్తి (సెంట్రీఫ్యూగల్) centrifugal force
ఖనిజసంస్కారం "enrichment," of ores
గోళీయ విపథనము spherical aberration
చాక్షుషశాస్త్రం optics
చెదరగొట్టడము dispersion
జడత్వము; ఇనర్షియా inertia
జడత్వ సంచాయకము inertia accumulator
తాపవాహకత conduction of heat
తిరుగుడు చక్రం fly wheel
త్రిశిరస్క triceps
త్వరణము acceleration
దీర్ఘవృత్తం ellipse
దూరదృశ్య ఘనచిత్ర దర్శకము (టెలిస్టీరియోస్కోపు) telesterioscope
దృగ్భ్రమ optical illusion
ద్రవస్థైతిక సూత్రం hydrostatic law
ద్రవ్యవేగ సూత్రం theorem of momenta
ద్విశిరస్క biceps
ధ్వని దర్పణము sound mirror
నాభ్యంతరం focal distance
నిమ్నసూచి echo - depth - sounding
పతనకోణం the angle of incidence
పరారుణ; పరశ్శోణ infra - red

గతిశక్తి సంచాయకము accumulator of kinetic energy

గరిమనాభి centre of gravity

పలాయన వేగం the second cosmic speed (11 km/sec)

పారదర్శకము transparent

పుటాకార దర్పణము; concave mirror

పౌనఃపున్యము frequency

"ప్లవన" సూత్రం law of flotation

ఫ్రేము shot

"బదలాయింపు తూకం" "replacement weighing"

బహుఫలకము polyhedron

భూమియొక్క పరివర్తన వేగం speed of earth's translation

భ్రమణ గతి motion of rotation

భ్రమణ వేగం speed of rotation

మాండలిక కాలమానం zonal time

మైక్రాస్కోపు, సూక్ష్మదర్శిని microscope

యానకం medium

వక్రీభవనం refraction

వర్తుల వేగం angular velocity

వాతావరణ వక్రీభవనం atmospheric refraction

వాలుతలంమీద శక్తులు సరితూగే సూత్రం the law of the equilibrium of forces on an inclined plane

విక్షేపము projection

విచూషణ absorption (of light)

పరావర్తన కోణం angle of reflection

పరివర్తన గతి motion of translation

పర్యాలోకము perspective

విపథనం aberration

వ్యాకోచగుణకం coefficient of expansion

శక్తి నిత్యతా సిద్ధాంతం the law of conservation of energy

శక్తుల సమాంతర చతుర్భుజము parallelogram of forces

శ్రవణసుఖం accoustics

సంగమబిందువు focus (of a lens)

"సందిగ్ధ కోణం" "critical angle"

సంధాన పాత్రల నియమాలు the laws of communicating vessels

"సంపూర్ణాంతఃపరావర్తనము" "total internal reflection"

సూటి గతి linear motion

సూటి వేగం linear velocity

స్తరావరణము; స్ట్రాటోస్ఫియర్ atmospheric strata

స్టీరియోస్కోపు (ఘనచిత్ర దర్శకము) sterioscope

స్టీరియోస్కోపిక్ రేంజ్ ఫైండర్ (దూరమానం) sterioscopic range-finder

"స్థిరత భారవిధానం" "the constant load method"

స్థిరనిశ్చలత equilibrium (of bodies)

